


Med
K5408

ANGEWANDTE

PFLANZENANATOMIE.

EIN HANDBUCH

ZUM STUDIUM** DES **ANATOMISCHEN BAUES

DER

IN DER PHARMACIE, DEN GEWERBEN, DER LANDWIRTHSCHAFT UND DEM HAUSHALTE BENUTZTEN PFLANZLICHEN ROHSTOFFE.

IN ZWEI BÄNDEN.

ERSTER BAND.

ALLGEMEINER THEIL.

GRUNDRISS DER ANATOMIE.

Von

Dr. A. TSCHIRCH,

DOCENTEN DER BOTANIK AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

MIT 614 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN.

WIEN UND LEIPZIG.

URBAN & SCHWARZENBERG.

1889.

24257

Vorrede zum ersten Bande.

Unter dem Namen „Angewandte Pflanzenanatomie“ halte ich seit einigen Jahren als Ergänzung zu meinen mikroskopischen Uebungen für Chemiker und Pharmaceuten eine Vorlesung, die den Zweck verfolgt, den Praktikanten die theoretischen Grundlagen für die praktischen Uebungen zu geben und ihnen einen Ueberblick über die wichtigsten anatomischen Thatsachen, soweit dieselben in praxi in Betracht kommen, zu verschaffen. Es erschien mir nun wünschenswerth, das in der Vorlesung in allgemeinen Zügen, etwa in dem Umfange wie in den, von mir gemeinschaftlich mit Professor Flückiger herausgegebenen, Grundlagen der Pharmakognosie, gezeichnete Bild durch sorgfältigeres Herausarbeiten des Details zu vervollständigen und abzurunden und einmal alles das zusammen zu fassen, was auf dem fraglichen Gebiete seither, namentlich durch die Forschungen von Wiesner, Flückiger, Vogl, Berg, v. Höhnel, J. Möller, Hanausek, Marmé, Wigand, A. Meyer, Schimper, Hartwich u. A., geleistet worden war. Dies ist der Zweck des Buches. Der Ausdruck „auf dem fraglichen Gebiete“ bedarf jedoch näherer Erläuterung, denn das Gebiet der „angewandten Pflanzenanatomie“ ist nicht ein so fest umschriebenes, wie das vieler anderer angewandten Wissenschaften, und der Name wird überhaupt an dieser Stelle zum erstenmale gebraucht.

Ich habe geglaubt, mich des Ausdruckes „angewandte Pflanzenanatomie“ mit demselben Rechte bedienen zu dürfen, wie man die Bezeichnung „angewandte Chemie“ benutzt, um den Zweig der Chemie zu charakterisiren, der sich nicht mit rein theoretisch-chemischen Forschungen, sondern mit der Anwendung der Chemie auf die Praxis beschäftigt. So wird man denn auch in der Pflanzenanatomie eine reine oder theoretische und eine angewandte Pflanzenanatomie unterscheiden können. Nur mit der letzteren beschäftigt sich das vorliegende Werk.

Wie man jedoch für die Zweige der angewandten Chemie, z. B. für die pharmaceutische Chemie, keines eigenen „Systemes“ bedarf, sondern dieselben sehr wohl im Rahmen einer Darstellung der reinen Chemie

abhandeln kann, nur mit besonderer Hervorhebung dessen, was für die Praxis von Bedeutung ist, so habe ich auch gemeint, wenigstens für den allgemeinen Theil der angewandten Pflanzenanatomie, mich dieser Darstellungsweise bedienen zu dürfen. Das Lehrgebäude der reinen Anatomie hat mir den Grundplan des ersten Bandes vorliegenden Werkes geliefert, und nur der Ausbau im Einzelnen ist dem besonderen Zwecke des Buches angepasst worden. Der Unterschied zwischen einem Handbuche der reinen und diesem der angewandten Anatomie tritt also nicht in der Gruppirung des Stoffes, sondern in der Behandlung der einzelnen Capitel hervor, hier allerdings auf den ersten Blick. Denn während für die reine Anatomie die einzelnen Capitel von völlig gleicher Wichtigkeit sind, besitzen dieselben für die angewandte Anatomie eine sehr verschiedene Bedeutung. Während z. B. das Capitel über den Gefässbündelverlauf in jeder reinen Anatomie einen seiner Wichtigkeit entsprechenden Umfang besitzen wird, kann dasselbe in einem Handbuche der angewandten Anatomie nur kurz gestreift werden. Andererseits werden die Abschnitte über Stärke, Aleuron, wie überhaupt alle Zellinhaltsbestandtheile, sowie diejenigen über Bastfasern und Haare in jedem Handbuche der reinen Anatomie entsprechend kurz gefasst werden, in einem solchen der angewandten dagegen beanspruchen sie mit Rücksicht auf die Bedeutung dieser Objecte für die Praxis eine eingehende Behandlung.

Was nun zunächst den Plan des vorliegenden ersten Bandes betrifft, so habe ich den Stoff in die beiden Hauptabschnitte, die Zellenlehre und die Gewebelehre, auch äusserlich scharf gegliedert und in der Zellenlehre Zellinhalt und Zellmembran bestimmter, als dies wohl sonst geschieht, auseinander gehalten.

Diese beiden Capitel „Zellinhalt“ und „Zellmembran“, welche allein fast die Hälfte des Buches einnehmen und in die eine grosse Anzahl eigener Beobachtungen eingeflochten sind, zeigen ganz besonders deutlich die veränderte Richtung, die ich im Gegensatz zu Berg in der angewandten Anatomie eingeschlagen habe. Ich habe es schon an anderer Stelle wiederholt ausgesprochen, dass ich es an der Zeit erachte, auch in der angewandten Anatomie, von dem Studium des Zellnetzes zu einem Studium der Zellinhalte fortzuschreiten, da wir im letzteren ja die sogenannten „wirksamen Bestandtheile“ zu suchen haben. Dabei habe ich jedoch das Studium der Zellformen, das für die praktische Diagnose von so hoher Bedeutung ist, nicht vernachlässigt.

Lange schwankte ich, welche Darstellungsweise ich der Gewebelehre zu Grunde legen sollte. Das anatomisch-physiologische System Haberlandt's schien mir für eine angewandte Anatomie wenig geeignet, da es Dinge mit hineinzieht, die eigentlich nichts mit der zu behandelnden Sache zu thun haben. Allein ich habe mich schliesslich doch entschlossen, auch dieser Darstellung der angewandten Anatomie das besagte System zu Grunde zu legen, da, wie mich die Erfahrungen bei meinen Vorlesungen gelehrt, die anatomischen Grundprobleme bestimmter aufgefasst und klarer durchschaut werden, wenn man sich bei dem anatomischen Bau einer Zelle

oder eines Gewebes der physiologischen Function bewusst wird, die jene zu erfüllen haben. Zudem erhält durch eine derartige auf die Erkenntniss des Ursächlichen gerichtete Darstellung die Form Inhalt, der Vortrag nackter Thatsachen Leben, das Skelett anatomischer Details Fleisch und Blut. Denn darüber besteht doch wohl kein Zweifel, dass die Feststellung anatomischer Thatsachen sich erst dann zu einem lebensvollen Bilde erweitert und vertieft, wenn wir uns vergegenwärtigen, warum hier dieser, dort jener anatomische Bauplan von der Pflanze gewählt wird. Freilich sind wir von der Erkenntniss der Bedeutung aller der zahlreichen Zellformen und Zellgruppirungen noch weit entfernt, und in einigen Gebieten der Gewebelehre giebt es hier noch mehr Lücken, als greifbare Thatsachen — allein ich meine doch, es muss, nachdem einmal der Anfang gemacht worden ist, auf dem betretenen Wege weiter fortgeschritten werden. Ein Zurückgehen auf das System der rein descriptiven Anatomie ist nicht mehr am Platze. Dabei soll natürlich der descriptiven Anatomie selbst, sowie der Entwicklungsgeschichte durchaus nicht etwa der Werth abgesprochen werden, im Gegentheil, sie bilden ja die Grundlage des anatomisch-physiologischen Lehrgebäudes. Allein sie zum Selbstzweck zu erheben, hiesse doch die Fortschritte der letzten Decennien gänzlich ausser Acht lassen.

Bei der angewandten Pflanzenanatomie freilich spielt die Feststellung anatomischer Thatsachen eine hervorragende, ja die hervorragendste Rolle, und der zweite Band dieses Buches, der den Bau der einzelnen Objecte schildert, ist denn auch selbstverständlich rein descriptiv gehalten. Jedoch auch hier ist dieselbe nicht Selbstzweck, sondern dient einer anderen, allerdings auf ganz heterogenem Gebiete liegenden, Sache, nämlich der praktischen Diagnose.

Wenn man daher sich entschliesst, das anatomisch-physiologische System auch der angewandten Anatomie zu Grunde zu legen, so kann es doch nur das Skelett der Darstellung für den allgemeinen Theil abgeben, es kann der Führer sein, der uns durch die Fülle anatomischer Thatsachen sicher hindurchgeleitet und uns das Verständniss für die allgemeinen Fragen eröffnet —; im Einzelnen muss die descriptive Behandlung natürlich in den Vordergrund treten, und zwar mit steter Betonung des diagnostischen Momentes.

Ausser der rein praktischen Seite, die die angewandte Anatomie in der Diagnostik hervorkehrt, besitzt die genannte Disciplin aber auch eine theoretisch wissenschaftliche, und ich habe mich in dem vorliegenden Buche bemüht, eine Anzahl eng mit der angewandten Anatomie verknüpfter Fragen einer rein wissenschaftlichen Behandlung zugänglich zu machen. So ist z. B. das Studium der Excretbehälter, der Membranschleime, der sogenannten Kleberschicht, des Vorkommens der Alkaloide u. and. zunächst ohne directen Zusammenhang mit der Diagnostik, und doch wird Niemand leugnen, dass die genannten Abschnitte von grösster Wichtigkeit für die angewandte Anatomie sind und für die Diagnostik werden können.

Dies waren die Gesichtspunkte, die mich bei Abfassung des Buches leiteten. Nirgends tritt das anatomisch-physiologische aufdringlich hervor, es

giebt vielmehr nur den Hintergrund ab, auf dem, dem eigentlichen Plane des Buches entsprechend, sich die Darstellung der Anatomie der Drogen, Nahrungsmittel, Gespinnste, Hölzer und landwirthschaftlichen Producte abspielt.

So könnte denn das Buch, trotzdem es sich durchweg auf den Standpunkt unserer neuesten Forschungen stellt, doch auch dann, wenn die stets aus der Praxis gewählten Beispiele fortgelassen würden, nicht ein Handbuch der reinen Anatomie abgeben, denn in diesem würde man eben manche Capitel kürzer, andere ausführlicher zu tractiren haben.

Den Plan zu dem vorliegenden Buche trage ich seit Jahren schon mit mir herum. Eigentlich beabsichtigte ich es in die Form eines Practicums zu bringen, allein, da wir nun schon mehrere botanische Practica besitzen, wollte ich die Zahl derselben nicht um ein pharmakognostisch-technisches vermehren, sondern habe den Ausweg gewählt, beides, Handbuch und Practicum, gewissermassen zu vereinigen, indem ich bei jeder bemerkenswerthen anatomischen Thatsache ein Object aus dem Kreise der uns hier interessirenden Producte, an dem man die geschilderte Thatsache beobachten kann, in Klammer anführte, und indem ich den Vortrag durch möglichst zahlreiche Abbildungen an allen Stellen zu unterstützen bestrebt war. Durch die vielen, aller Orten eingefügten, Beispiele wird der Styl freilich schleppend und schwerfällig. Jedoch scheinen mir doch die Vorzüge, die die Methode bietet, grösser als die Nachtheile zu sein.

Als Beispiele für die beschriebenen anatomischen Verhältnisse habe ich mit verschwindenden Ausnahmen nur Objecte der Praxis gewählt. Es hat sich dabei herausgestellt, dass es nur wenige der wichtigeren anatomischen Thatsachen giebt, die sich nicht an leicht beschaffbarem Material studiren lassen.

So trägt denn das Buch den Titel „angewandte“ Anatomie nicht nur als Aushängeschild, sondern es stellt sich voll und ganz auf den Boden der Praxis, allerdings einer Praxis, die auf breiter wissenschaftlicher Grundlage ruht.

Ich hoffe, dass es mir gelungen ist, die Klippe zu vermeiden, den wissenschaftlichen Gegenstand zu verflachen. Ich habe mich wenigstens bemüht, zu anatomisch correcten Zeichnungen auch einen anatomisch correcten Text zu liefern und deshalb wendet sich das Buch nicht nur an den Pharmakognosten, sondern auch an den Botaniker, der an vielen Stellen, sei es neue Beobachtungen, sei es neue Deutungen bekannter Thatsachen finden wird. Sollte der botanische Leser an der in der Pharmakognosie und Technik üblichen Bezeichnungsweise der Objecte Anstoss nehmen oder an einzelnen Stellen in Zweifel gerathen, so wird ihn jedes pharmakognostische oder technische Lehrbuch die gewünschte Aufklärung geben. Ich habe die pharmakognostische und technische Schreibweise gewählt, da sie die kürzere ist und diejenigen, für welche das Buch in erster Linie bestimmt ist, sich leicht darin zurecht finden.

Die Vorarbeiten zu dem Buche datiren viele Jahre zurück, einige Capitel haben durch Specialuntersuchungen im Laufe der Jahre ein wesentlich anderes Aussehen erhalten.

Besondere Sorgfalt habe ich auf die Illustrationen verwendet und Herr MATOLONI in Wien hat meine Zeichnungen mit gewohnter Meisterschaft geschnitten. Leider war es nicht möglich, alle meine Originalzeichnungen reproduciren zu lassen, die Kosten des Buches würden sich gar zu sehr erhöht haben. Da war es mir denn sehr willkommen, dass mir Herr Professor VOGL in Wien in zuvorkommendster Weise gestattete, eine Anzahl der Figuren seines anatomischen Atlas zu verwenden und auch Herr Professor J. MÖLLER nicht minder freundlich mir erlaubte, einige aus der Mikroskopie der Nahrungsmittel zu benützen. Dieselben gereichen dem Buche in jeder Weise zur Zierde.

Auch von anderen Autoren, besonders von DE BARY, SACHS, HABERLANDT, HANAUSEK, LUERSSEN, FLÜCKIGER, FRANK, KIENITZ-GERLOFF u. and., sind einige besonders charakteristische Abbildungen entlehnt worden, natürlich hier, wie auch sonst, unter steter Angabe des Verfassers, wenn derselbe zu eruiren war. Im Uebrigen habe ich das Princip verfolgt, alle die Objecte von der Darstellung auszuschliessen, die in dem noch heute sehr brauchbaren Atlas von BERG in ausreichender Weise veranschaulicht sind.

Besonders was die allgemeinen topographischen Verhältnisse anlangt, hat BERG in seinem Atlas zahlreiche Drogen in mustergiltiger Weise dargestellt und es wäre vollständig überflüssig, diese topographischen Darstellungen noch einmal zu reproduciren, da der Atlas allenthalben verbreitet ist. Ich habe deshalb an vielen Stellen auf dieselben verwiesen. Die anatomischen Details der Zellen und Gewebe kommen freilich ebenso wie der Zellinhalt bei BERG sehr schlecht weg. So vortrefflich seine topographischen Zeichnungen sind, so wenig genügen sie im Detail. Ich habe daher mein Augenmerk darauf gerichtet, die Objecte auch im Einzelnen genauer zu studiren. Dies ist nicht nur vom allgemeinen anatomischen Standpunkte wünschenswerth, sondern wird zur Nothwendigkeit, wenn man die anatomischen Kenntnisse zur Diagnose pulverförmiger Objecte verwenden will. Und WIGAND hat ganz Recht, wenn er dem Mikroskope in der Praxis vornehmlich bei der Diagnose pulverförmiger Objecte einen Platz angewiesen wissen will.

Es unterliegt ja keinem Zweifel, dass das Mikroskop in der Diagnostik der Drogen, Hölzer, Mehle und Fasern die erste Stelle einnimmt. Es unterliegt aber ebenfalls keinem Zweifel, dass es nur in der Hand des geschulten Anatomen wirklich beweisende Daten liefert. So wird z. B. ein Pulver nur dann sicher erkannt werden, wenn man das ungepulverte Object anatomisch bis in's Detail genau kennt. Ein flüchtiges Durchmustern und Vergleichen mit Abbildungen genügt hier nicht.

So ist es denn mein vornehmstes Ziel gewesen, in dem ersten Bande vorliegenden Handbuches allen Denen, die in der Praxis mit dem Mikroskop zu thun haben, die als nothwendige Vorbedingung zu betrach-

tenden theoretisch-anatomischen Kenntnisse zu verschaffen und ihnen die Forschungsresultate und Methoden leicht und übersichtlich zugänglich zu machen. Denn wenn der Praktiker sich nicht einfach auf die Handhabung des Mikroskopes zu einem bestimmten Zwecke dressiren lassen will, so muss er sich auch dazu bequemen, bevor er an den Gebrauch des Mikroskopes zu so schwierigen Untersuchungen, wie z. B. denen von Pulvern, geht, sich eine gute anatomische Schulung zu erwerben.

Denen aber, die sich den noch so arg vernachlässigten theoretischen Forschungen auf dem Gebiete der angewandten Anatomie zuwenden wollen, wird es nicht unwillkommen sein, dass in dem vorliegenden ersten Bande auch den bisher auf dem genannten Gebiete erzielten, rein theoretischen Forschungsresultaten Rechnung getragen worden ist, und den Studirenden glaube ich dadurch einen Dienst erwiesen zu haben, dass ich einen sehr umfangreichen Index beigegeben habe, der es ermöglicht, für alle wichtigeren Termini technici der Pflanzenanatomie, die in der Literatur gebräuchlich sind und waren, im Buche selbst die Erklärung aufzufinden. Dieser Index wird auch Denen von Nutzen sein, die sich in der HABERLANDT'schen Eintheilung der Gewebe nicht zurechtfinden. Diejenigen aber, die nur eine Abbildung vergleichen wollen, werden sich an der Hand des „Verzeichnisses der Pflanzen, von denen Theile bildlich dargestellt sind“, welches, da mich eine Forschungsreise nach den Tropen rief, Herr LÜDTKE die Freundlichkeit hatte, herzustellen, leicht orientiren. Von den Abbildungen sind viele an mehreren Stellen wiederholt, um ein Nachschlagen zu ersparen. Auf die bildliche Darstellung lege ich überhaupt den grössten Werth. Man kann hier kaum des Guten zu viel thun. Eine Abbildung sagt mehr als die längste Beschreibung, und bin ich daher der Verlagshandlung zu grossem Danke verpflichtet, dass sie bereitwilligst auf meine Intentionen eingegangen ist.

Zu Danke verpflichtet bin ich aber auch meinem hochverehrten Freunde, Herrn Prof. FLÜCKIGER und Herrn Commercienrath LUBOLDT (GEHE & CO.), die mich auf's liebenswürdigste durch Zusendung von Untersuchungsmaterial unterstützten, sowie Herrn LÜDTKE, der nicht nur das Pflanzennamenverzeichniss entworfen, sondern mich auch bei der Correctur wirkungsvoll unterstützt hat. Dem Danke füge ich die Bitte hinzu, dass meine botanischen und pharmakognostischen Fachgenossen diesen ersten, sicher mit zahlreichen Mängeln behafteten Versuch einer angewandten Pflanzenanatomie wohlwollend aufnehmen möchten.

Dem Plane des Werkes nach wird demnächst diesem ersten allgemeinen, allerdings in sich abgeschlossenen Theile ein zweiter specieller folgen, in dem die wichtigsten Drogen, Nahrungsmittel, Fasern etc. im Einzelnen beschrieben werden und in dem besonders den gepulverten Objecten eingehende Berücksichtigung zu Theil wird.

Der Verfasser.

Inhaltsangabe.

Einleitung.

Der Körper der Pflanzen ist niemals eine structurlose Masse, sondern stets reich gegliedert. Diese Differenzirung ist eine Folge der mannigfachen Anforderungen, die an die Pflanzen gestellt werden. Die Pflanze muss nicht nur Stoffe aufnehmen, sondern diese Stoffe auch verarbeiten, translociren und eventuell aufspeichern (Ernährung und Stoffwechsel), sie muss nicht nur für eine möglichst umfassende Anpassung des Individuums an die Lebensbedingungen, sondern auch für die Erhaltung der Art, durch Erzeugung von Fortpflanzungsorganen sorgen (Vermehrung). Zu diesem Behufe bildet die höhere Pflanze Organe mit verschiedener Function (Arbeitstheilung). Solche Organe sind die Wurzel, der Stamm, das Blatt, die Blüthe etc. Auch diese Organe sind nicht structurlos, sondern lassen wiederum ihrerseits eine weitgehende Differenzirung oder Arbeitstheilung erkennen. Besondere Gewebe oder Gewebesysteme dienen dieser, andere jener Function. So lässt z. B. jedes Blatt allein schon drei wohl unterschiedene Gewebesysteme erkennen: eines dient der Stoffaufnahme und Verarbeitung, eines der Leitung der Stoffe und eines dem Gasaustausche. Die Gewebe endlich sind ihrerseits nicht minder reich gegliedert. Sie sind aufgebaut aus einer mehr oder weniger grossen Anzahl gegen einander abgegrenzter Kammern, deren viele benachbarte zwar denselben Zwecken dienen, die jedoch jede eine mehr oder weniger grosse Individualität besitzen.

Diese Elemente nennen wir Zellen. Der Körper der höheren Pflanzen gleicht also einem reichgegliederten, unter einheitlicher Leitung stehenden Gebäude[1]), dessen einzelne Flügel besonderen Zwecken dienen und die wiederum in ihren verschiedenen Etagen gesonderte Räume enthalten, von denen zwar oftmals mehrere nebeneinander liegende zu denselben Verrichtungen verwendet werden, die aber im Grossen und Ganzen sehr verschiedenen Zwecken angepasst sein können. Dieser Vergleich kommt auch in dem Worte Zelle zum Ausdruck, das nichts anderes bedeutet als „Kämmerlein".

---

[1]) Cohn (Die Pflanze, Breslau 1882) vergleicht die Pflanze nicht minder zutreffend mit einem staatlichen Organismus und spricht von einem Zellenstaat.

Die Zellen sind die Elementarorgane der Pflanzen. Dies ist nun nicht dahin zu verstehen, dass sie durch mechanische oder chemische Mittel nicht weiter theilbar wären — im Gegentheil, sie sind sehr complicirt gebaut, aus zahlreichen Stoffen zusammengesetzt und durchweg reich organisirt, aber sie können trotzdem als Elementarorgane betrachtet werden, da ihnen stets eine gewisse Individualität zukommt, sie gegen einander meist bestimmt und sichtbar abgegrenzt sind und so deutlich von einander unterschieden werden können. Wiederum genau wie das Zimmer eines Gebäudes, dessen einzelne Möbel und Utensilien ja auch den verschiedensten Zwecken dienen und doch sich alle dem Zwecke, den das gesammte abgeschlossene Zimmer verfolgt, anpassen und unterordnen. Wie hoch organisirt eine pflanzliche Zelle übrigens sein kann, zeigen die zahlreichen einzelligen Pflanzen, bei denen eine und dieselbe Zelle die Stoffaufnahme, Verarbeitung und Ausscheidung, sowie die Vermehrung zu besorgen im Stande ist *(Bacterien)*. Eine solche einzellige Pflanze gleicht also der Wohnung eines armen Mannes, dem nur ein Zimmer zur Verfügung steht. Immerhin stellt die bei den höheren Pflanzen überall hervortretende Arbeitstheilung einen Fortschritt dar. Hier, wo viele Zellen den Pflanzenkörper bilden, pflegen der Regel nach verschiedene Functionen von derselben Zelle nicht verrichtet zu werden — und es unterliegt keinem Zweifel, dass die einer Zelle übertragene Arbeit viel besser und ausgiebiger verrichtet werden wird, wenn sie nur diese und keine andere Arbeit zu besorgen hat. Ja man kann sogar sagen, dass die Pflanze um so höher organisirt ist, je reicher differenzirt ihre Organe und ihre Gewebesysteme sind, und je vortheilhafter die Elemente der Gewebesysteme der ihnen zukommenden Function angepasst sind. So entsteht eine fortlaufende Reihe von pflanzlichen Organismen von der einzelligen Alge bis zum reich gegliederten Baume. An die einzelligen Pflanzen *(Hefe, Bacterien)* schliessen sich die Pflanzen, deren Körper aus einem Faden an einander gereihter Zellen besteht, dann folgen Pflanzen, die in oder an dem Zellfaden schon besondere Organe zur Fortpflanzung entwickeln, die also bereits eine Scheidung der vegetativen, der Ernährung, wie überhaupt der Erhaltung des Individuums dienenden Theile (Vegetationsorgane), und der reproductiven, der Fortpflanzung, d. h. der Erhaltung der Art, dienenden Theile (Reproductionsorgane) erkennen lassen (Fadenalgen, Fadenpilze), eine Trennung, die von nun an aufwärts bei allen höher stehenden Pflanzen bestehen bleibt und sich immer weiter ausbildet. Alle Pflanzen von den höheren Pilzen und Algen aufwärts zeigen nämlich nicht nur eine immer weiter fortschreitende Ausbildung des vegetativen und reproductiven Theiles, sondern auch eine immer weitergehende und tiefer einschneidende Arbeitstheilung im Innern dieser beiden Elemente selbst. Der vegetative Theil der höheren Algen und Pilze ist noch verhältnissmässig gleichartig gebaut, doch schliessen die Zellen schon zu Zellflächen und Zellkörpern zusammen, noch sind echte Wurzeln nicht vorhanden, Stamm und Blatt nicht von einander gegliedert (Thallus), besondere bestimmten Functionen angepasste Gewebesysteme mehr nur angedeutet als entwickelt. Auch der reproductive Theil beschränkt sich meist auf die einfachste Form. Schon die Gefässcryptogamen zeigen eine reichere Gliederung. Dieselbe erstreckt sich vornehmlich auf die Vegetationsorgane und deren Gewebesysteme — Stamm und Blatt erscheinen gegliedert und besonderen Functionen angepasste Gewebe entwickelt — während die Reproductionsorgane meist auf einer noch niederen Stufe verharren und erst in den am höchsten stehenden Familien jene Vollkommenheit annähernd erreichen, die wir bei den *Gymnospermen* und *Angiospermen* bewundern. Letztere sind es, bei denen wir gleicherweise im vegetativen wie im reproductiven Theile eine sehr voll-

kommene Entwicklung finden. Wurzel, Stamm und Blatt sind zu Organen von hoher Vollkommenheit ausgebildet, jedes derselben führt streng gesonderte Gewebesysteme bestimmter Function — und auch der Fortpflanzungsapparat zeigt eine Gliederung und Vollkommenheit im Einzelnen, die die Erhaltung der Art in der denkbar besten Weise sichert — wie in einem wohlgeordneten Staate sind auch hier jedem Theile seine Verrichtungen streng zugewiesen, wie dort so greifen auch hier die einzelnen Räder der Maschine trefflich in einander — alle sich dem einen Zwecke unterordnend: Erhaltung des Individuums und der Art. Das Gemeinwohl steht so vollkommen im Mittelpunkte des Ganzen und ist so ausschliesslich das allein bestimmende, dass kein Organ vor einem anderen sich hervorzuthun bestrebt, und der Wetteifer dem Wohle der Pflanze zu dienen ein so allgemeiner unter den Organen ist, dass die Zahl derjenigen, welche scheinbar nichts zum gemeinen Besten beitragen, eine verschwindend geringe ist. Ja wir können wohl sagen, dass die Organe, denen wir eine Function noch nicht zuzuschreiben wissen, wohl nur in ihrer Function von uns noch nicht erkannt worden sind, dieselbe aber sicher besitzen werden oder, als rudimentäre Organe, wenigstens früher besessen haben.

Allgemeines über die mikroskopische Beobachtung pflanzlicher Zellen und Gewebe.

Methoden der Präparation. Apparate.

Wenn wir einige wenige Pflanzen, z. B. die *Charen,* ausnehmen, so sind die Elementarorgane der pflanzlichen Individuen so klein, dass sie nur mit Hilfe des Mikroskopes wahrgenommen werden können. Bringen wir z. B. einen Tropfen des Bodensatzes einer sedimentirenden Bierflasche oder etwas von der Haut, die sich auf faulender Fleischbrühe entwickelt, auf einen Objectträger in einen Tropfen Wasser, bedecken mit dem Deckgläschen und legen das Ganze auf den Objecttisch unter das Mikroskop [1]), so sehen wir deutlich dort die einzelnen Hefezellen *(Saccharomyces cerevisiae),* hier die isolirten oder zu vielzelligen Fäden vereinigten Fäulnissbacterien (z. B. *Bacterium Termo).* Es sind dies einzellige oder fädige Pflanzen, die leicht überblickt werden können. Auch bei einem grünen Vorkeime eines Farnpflänzchens, wie sich solche oftmals auf feuchtgehaltenen, humusreichen Blumentöpfen entwickeln, oder die man sich mit Leichtigkeit herstellen kann, wenn man den braunen Sporenstaub von der Unterseite eines Farn bei einem Spaziergange im Walde sammelt, auf Erde aussät, mit einer Glocke bedeckt und feucht hält, — sehen wir ohne weitere Präparation die einzelnen Zellen ohne Schwierigkeit, da dieselben fast im ganzen Vorkeim nur eine einschichtige Zellfläche bilden. Nicht viel mehr Schwierigkeit macht es, eine wenigggliederige Zellcolonie zu übersehen. Schabt man z. B. von einem Baumstamme, der an der Wetterseite mit einem grünen Ueberzuge versehen ist, letzteren mit einem Messer ab und untersucht ihn mit dem Mikroskop, so findet man ihn aus zahlreichen einzelnen, aber auch aus, zumeist achtgliederigen, Körpern vereinigten Zellen bestehend. Dieselben stellen die Alge *Pleurococcus vulgaris* dar. Auch die mittlere Partie eines Farnvorkeimes führt mehrere Zellschichten übereinander. Schwieriger sind die Zellverbände der höheren *Cryptogamen* und *Phanerogamen* zu übersehen. Hier ist die einzelne Zelle

---

[1]) Das Mikroskop von μικρός, klein und σκοπέω, betrachte. Die Kenntniss des Mikroskopes und seiner Theile wird hier vorausgesetzt. Eine für unsere Zwecke sehr brauchbare, für die Praxis berechnete, Darstellung des Mikroskopes und seiner Theile findet sich in W. Behrens, Hilfsbuch zur Ausführung mikroskopischer Untersuchungen im botanischen Laboratorium. Braunschweig 1883. Mehr theoretische Handbücher sind Nägeli-Schwendener, Das Mikroskop. Leipzig 1877 und Dippel-Abbé, Das Mikroskop.

erst nach vorhergegangener Präparation, d. h. Herauslösung aus dem Gewebeverbande zu erkennen. Dort, wo die Zellen, ohne in festem Verbande zu stehen, locker gehäuft nebeneinander liegen, wie z. B. in der bis in den Winter hinein am Strauche hängen bleibenden Frucht der Schneebeere *(Symphoricarpus racemosus)*, ist es nur nöthig, die Frucht auf dem Objectträger mit der Präparirnadel zu zerreissen und die so gelockerten und auseinander gerissenen Zellen im Tropfen Wasser zu betrachten, um die Formen der einzelnen Zellen zu erkennen. Ueberall dort jedoch, wo die Zellen fest miteinander verkittet sind, wie dies gewöhnlich der Fall bei Wurzeln, Stämmen und Blättern zu sein pflegt, müssen wir zu tiefer eingreifenden Methoden unsere Zuflucht nehmen. Es wird später gezeigt werden, dass die die Zellen mit einander verkittende Substanz (Intercellularsubstanz) in einer kochenden Mischung von Salpetersäure und chlorsaurem Kali (dem SCHULTZE'schen Macerationsgemisch) löslich ist. Wenn man daher Gewebscomplexe mit diesem Gemisch erhitzt hat und das so vorbereitete Präparat in einen Tropfen Wasser legt, so wird man mit der Nadel leicht die einzelnen Zellen von einander trennen können. Man stellt sich zu dem Ende feine Längsschnitte einer *Ipecacuanhawurzel*, eines *Bittersüssstengels*, eines *Pfefferkorns* oder eines *Sennablattes* her, behandelt dieselben wie oben ausgeführt und zertheilt die zerfaserten Fetzen im Wassertropfen, legt alsdann das Deckglas auf und befördert die Zerlegung der Gewebe in ihre Elemente durch einen gelinden Druck auf das Deckgläschen. Man wird überrascht sein, eine wie grosse Mannigfaltigkeit der Zellformen dem Beschauer hier entgegentritt im Gegensatze zu den einfachen Formen, die wir bei der Bierhefe, den *Bacterien*, dem Farnvorkeime und der Schneebeere fanden, und schon diese eine Beobachtung lehrt, dass mit der fortschreitenden Differenzirung der Gewebe auch eine solche der Zellformen gleichen Schritt hält, denn, wie wir später sehen werden, kann eine und dieselbe Zellform nicht allen Anforderungen genügen.

Aber nicht nur durch Isolirung der Zellen mittelst des SCHULTZEschen Macerationsgemisches kann man sich eine Vorstellung von der Form der Zellen, die ein Gewebe bilden, verschaffen. Eine nicht minder einfache Methode besitzen wir in der Herstellung von Quer- und Längsschnitten. Ja, da diese Herstellung von Schnitten sogar die wichtigste Arbeit beim Studium der pflanzlichen Zellen und Gewebe ist, so hat man die ganze Disciplin darnach Anatomie (von ἀνατέμνειν, aufschneiden, zerschneiden, seciren) genannt.

Um Schnitte in brauchbarer Form herstellen zu können, muss man zunächst die Objecte, falls sie nicht in einem solchen vorliegen, in einen Zustand bringen, dass sie sich leicht und ohne zu bröckeln mit einem Rasirmesser schneiden lassen. Alle frischen pflanzlichen Objecte sind der Regel nach genügend mit Wasser gesättigt oder sogar zu viel. Sollte das letztere der Fall sein, so legt man sie über Nacht in Alkohol. Diese Behandlungsweise „härtet" die Pflanzentheile vortrefflich, nur der Zellinhalt wird häufig verändert. Alle Drogen und Handelsproducte und mit solchen haben wir es ja hier in erster Linie zu thun, liegen uns aber, wie ja auch schon der Name Droge[1]) sagt, in trockener Form vor und sind meist so hart, dass sie beim Schneiden bröckeln. Die ganz harten (Hölzer, Rinden) lässt man daher einen Tag im Wasser liegen, sehr bröcklige kann man in Glyceringelatine einbetten, bei minder brüchigen genügt es, wenn man die Schnittfläche, bevor man den Schnitt herstellt, etwas befeuchtet. Besitzt man ein scharfes Messer und hat einige Uebung erlangt, so genügt letztere Methode auch für die meisten anderen Fälle.

---

[1]) Dem Namen Droge (besser als Drogue) liegt das Wort trocken, tree zu Grunde. Vergl. Pharm. Zeit. 4. Juni 1881 und 1885, S. 531 und Arch. d. Pharm. 1881, S. 51.

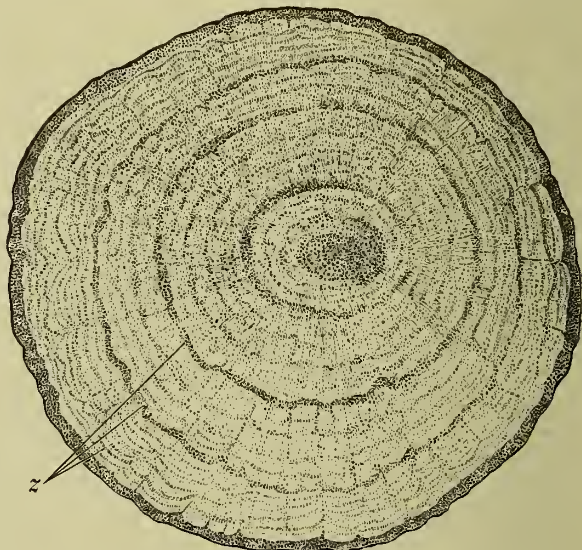
Früchte und Samen schneidet man am besten hart, auch stark in Wasser erweichende Wurzeln legt man nicht zuvor ein.

Allgemeine Gesetze lassen sich jedoch hier nicht geben. Man wird bei einiger Uebung leicht von Fall zu Fall entscheiden, wie bei der Präparation zu verfahren ist. [1])

Um nun ein Bild von der Form der Zelle eines Gewebscomplexes zu erhalten, muss man sowohl einen Querschnitt wie einen Längsschnitt machen, und zwar letzteren sowohl in der tangentialen wie der radialen Richtung führen. Erst durch Combination der drei so erhaltenen Bilder erhält man eine Vorstellung von der körperlichen Form der betreffenden Zelle. Denn da es sich bei den Zellen um Körper, also nach drei Dimensionen entwickelte Objecte handelt, muss man sich alle drei Dimensionen — Länge, Breite, Dicke — vor Augen führen.

Um einen Querschnitt zu erhalten, ist es zunächst erforderlich, an dem betreffenden Object eine genau rechtwinklig zur Längsaxe des Organs gelegte gerade Querschnittfläche herzustellen. Bei grösseren Rindenstücken, Wurzeln und Stengeln ist dies leicht. Schwieriger wird die Sache schon bei Blättern und Samen oder kleinen Abschnitzeln, wie sie in geschnittenen Thees häufig vorkommen Blätter legt man am besten in grösserer Zahl genau über einander und durchschneidet das ganze Packet zusammen, wo man alsdann eine gerade und breite, aus zahlreichen nebeneinander liegenden Blättern bestehende Querschnittfläche erhält, auf der es leicht ist, das Messer so zu führen, dass man dünne Schnitte bekommt. Liegt nur ein Blatt vor, so zerschneidet man dasselbe mit einem Scalpell in zahlreiche Längsstreifen und legt diese über einander. Samen lassen sich, wenn sie klein sind, überhaupt nicht in freier Hand schneiden. Man drückt sie daher am besten in die Querschnittsfläche eines cylindrischen Stückes Hollundermark oder Kork oder spaltet das letztere mit dem Scalpell auf eine kurze Strecke auf und klemmt den Samen ein. Drückt man alsdann die aufgespaltenen Theile wieder fest aufeinander, so kann man auf's leichteste, von oben beginnend, eine ganze Reihe succedaner Querschnitte erhalten, was häufig von Werth ist; z. B. beim Aufsuchen und Feststellen der Lage

Fig. 1.



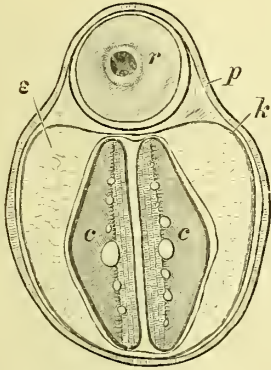
Querschnitt durch einen Jalappenknollen, Lupenbild. z Zonen (Berg).

[1]) Im Allgemeinen verfahre ich bei Drogen wie folgt: Wurzeln und Rhizome schneide ich entweder trocken *(Sassaparille)* oder nach vorherigem Erweichen in Wasser *(Galgant).* Rinden weiche ich stets zuvor ein, ebenso Hölzer; Samen schneide ich trocken oder befeuchte die Schnittfläche. Blätter und Blüthen weiche ich zuerst in Wasser und lege sie dann vor dem Schneiden einige Stunden in Alkohol. Die Schnitte aller Objecte, deren Membranen geschrumpft sind (Blätter), bringe ich durch Zufliessenlassen von verdünntem Kali zum Präparat in die natürliche Form. Marmé hat in seiner Pharmakognosie bei jeder Droge die Art der Präparation angegeben, was für den Anfänger sehr dankenswerth ist.

des Embryos beim *Fenchelsamen;* wie ja auch diese succedanen Querschnitte schon wichtige Fingerzeige für die Längsausdehnung der Elementarorgane geben. Auch Blätter, besonders dünne (z. B. *Folia digitalis,* die Deckblätter der *Cina*), kann man füglich zwischen Hollundermark oder zwischen das weichere Mark der Sonnenblumenstengel einklemmen.

Am schwierigsten wird es immer sein, von kleinen harten Objecten, besonders Samen (z. B. *Sem. Hyoscyami, Papaveris, Sinapis),* gute Schnitte zu erhalten, doch geht es mit einiger Geduld schon, wenn man gutes, nicht zu weiches Hollundermark zur Verfügung hat.

Fig. 2.



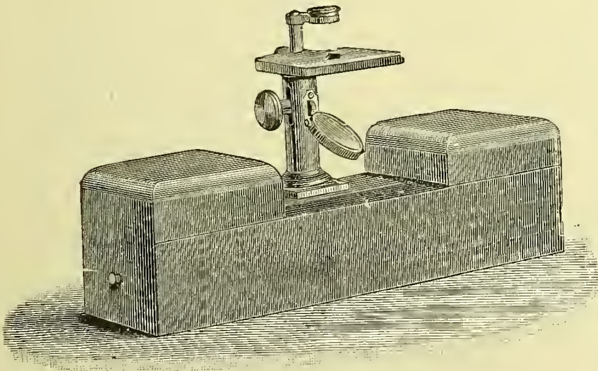
Querschnitt durch *Sem. faenugraeci.* Lupenbild. *r* Radicula, *p* Samenschale, *k* Kleber- (Oel-) schicht, *e* Schleimendosperm, *c* Cotyledonen (Tschirch).

Für sehr kleine (Samen, Antheren) oder sehr zarte Objecte (Fruchtknoten, Filamente) hat man vorherige Einbettung der Objecte vorzunehmen. Man kann als Einbettungsmittel geschmolzenes Paraffin oder Talkparaffin verwenden. Besser wie beide ist die Alkoholglycerinseife (durch Auflösen von Glycerinseife in Glycerinalkohol) dargestellt. [1]) Man trägt die Objecte in das warme Gemisch und lässt das Ganze erhärten. Für harte kleine Objecte ist auch mit Glycerin versetzter, zu einer zähen Masse eintrocknender Gummischleim verwendbar. Einen derartigen Glyceringummi verwendet man auch zur Einbettung, wenn es sich darum handelt, durch isolirte Fasern *(Lein, Hanf)* Querschnitte zu machen.

Bei kleinen Abschnitzeln von Drogen ist es nicht immer leicht, den Verlauf der Längsaxe festzustellen, da dieselben oft unregelmässig zerkleinert sind. Man muss daher zunächst auf's Geradewohl Schnitte herstellen, um dann durch die Beobachtung festzustellen, ob man wirklich einen Querschnitt erhalten hat.

Die Durchmusterung der vorliegenden Objecte mit der Lupe — bevor man an's Herstellen der Schnitte geht — leistet gute Dienste, wie überhaupt die Lupe, die Wigand mit Recht das „Fundamentalinstrument der Naturbeobachtung“ nennt, für die vorbereitende Präparation von grösster Wichtigkeit ist und in der Hand des Geübten schon wichtige Daten über die Topographie der Gewebe festzustellen im Stande ist (Lupenbild Fig. 1 und 2).

Fig. 3.



Präparirmikroskop von Seibert in Wetzlar. (Preis mit 2 Triplets M. 45.)

Ein sogenanntes Präparirmikroskop (Fig. 3) (einfaches Mikroskop oder Simplex, im Gegensatze zu dem zusammengesetzten Mikroskop, dem Compositum) ist angenehm, aber nicht unbedingt nöthig. Beim Zerlegen von kleinen Blüthen leistet es aber treffliche Dienste, ja ist oft unentbehrlich. In der angewandten Pflanzenanatomie wird man es selten brauchen. Das ein-

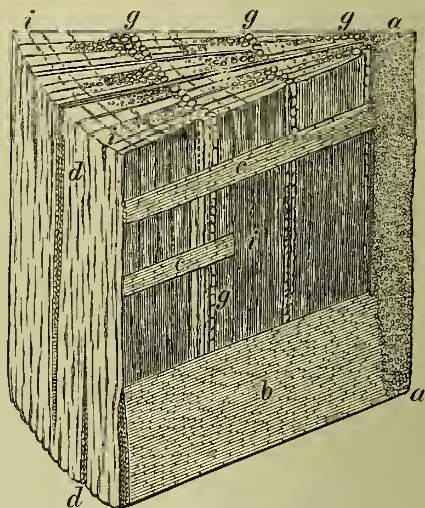
[1]) Pfitzer, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1887, S. 65.

fache Mikroskop kehrt das Bild nicht um, wie das Compositum, verhält sich also wie eine Lupe.

Was die Führung des Messers betrifft, so empfiehlt es sich in allen Fällen, wo man nicht einen über die ganze Querschnittsfläche gehenden Schnitt braucht, die Klinge flach auf den Querschnitt zu legen und dieselbe unter geringer Steilstellung langsam und gleichmässig (nicht ruckweise) von links nach rechts darüber hinzuführen. Der Grad der Steilstellung bedingt die Dicke des Schnittes, je flacher die Klinge liegt, um so dünner wird der Schnitt.

Um einen Längsschnitt herzustellen, verfährt man im Allgemeinen wie oben angegeben und ist auch hier natürlich darauf zu achten, dass eine gerade Fläche hergestellt wird, an der man das Messer führt. Dies ist nicht so leicht wie beim Querschnitt, wo man sich durch Halten des Objectes gegen das Fenster leicht überzeugen kann, ob die Querschnittsfläche, an der man zu schneiden gedenkt, wirklich genau quergelegt ist, und sind daher schiefe Längsschnitte ungleich häufiger als schiefe Querschnitte, dabei, ebenso wie diese, natürlich zur Beobachtung untauglich. Besonders bei kleinen Objecten ist es nicht leicht, gute Längsschnitte zu erhalten. Um ein klares Bild der Längsansicht der Zellen zu erhalten, muss man den Längsschnitt in zwei Richtungen führen, einmal in der Richtung der Tangente und dann in der Richtung des Radius.

Fig. 4.



Schema eines Holzkeiles.
a Das Mark, *b* und *c* Markstrahlen auf der radialen Fläche, *d* auf der tangentialen Fläche, *g* Gefässgruppen (Porenringe), *i* Herbstholz, *aai* radialer Längsschnitt, *dd* tangentialer Längsschnitt, *iggga i* Querschnitt (Th. Hartig).

Um einen Tangentiallängsschnitt (vergl. Fig. 4) zu erhalten, beginnt man das Messer von aussen nach innen in tangentialer Richtung am Object zu führen, so dass man bei cylindrischen Objecten, z. B. einer *Sassaparill*wurzel anfangs schmale, dann nach innen zu immer breiter werdende Schnitte erhält, bis man zur mittleren Ebene des Organs gelangt. An dieser Stelle fällt der Tangentialschnitt mit dem Radialschnitte zusammen; doch ist wohl zu beachten, dass bei cylindrischen Organen, auch bei den äusseren, echten Tangentialschnitten die beiden Ränder des Schnittes nicht echte Tangentialschnitte, sondern schiefe Radialschnitte darstellen. Man darf also bei Betrachtung solcher Tangentialschnitte immer nur die Mitte des Schnittes einstellen. Dies gilt nicht für flache Rindenstücke, z. B. *Cort. Quebracho*, wo jeder Schnitt durchweg brauchbar ist. Bei flächenartig ausgebreiteten Organen, z. B. Blättern, nennt man den Tangentiallängsschnitt, da er auf der Fläche des Organes geführt wird, meist Flächenschnitt.

Radiale Längsschnitte von cylindrischen Organen werden in der Weise hergestellt, dass man zunächst das Object in der Medianebene spaltet und an dieser alsdann das Messer entlang führt. Doch erhält man so nur einen oder wenige Radialschnitte, für alle folgenden muss darauf geachtet werden, dass das Messer stets in der Richtung des Radius des Organs streicht. Man kann daher nur einige wenige Radial-

schnitte durch das ganze Organ erhalten, die anderen reichen nur immer bis zur Organmitte, was jedoch ausreicht, da, wenigstens bei cylindrischen Organen, die eine Seite das Spiegelbild der anderen zu sein pflegt. Die Radiallängsschnitte sind nicht nur in der Mitte, sondern durchwegs brauchbar, da sie auch an den Rändern einen Radialschnitt darstellen. Bei Rindenstücken, z. B. *Cort. chinae*, ist ein vorheriges Spalten natürlich unnöthig. Hier führt man das Messer einfach an der schmalen Seite in der Richtung des Radius entlang, ebenso bei Blättern.

Ein genaues Bild der Zellformen erhält man, wie gesagt, erst, ausser durch Isolirung der Zellen im Macerationsverfahren, durch Combination des Querschnittes mit dem radialen und tangentialen Längsschnitte. Eine Korkzelle oder eine Cambiumzelle sieht z. B. im Querschnitte und im radialen Längsschnitte meist wie ein gestrecktes schmales Rechteck aus, erst der Tangentiallängsschnit lehrt, dass sie beide breit tafelförmig sind. Bei den meisten Zellformen genügt zur Orientirung freilich der Querschnitt und eine Längsschnittsansicht, da die Zellen selten auch in der dritten Dimension variiren. Immerhin ist es aber nützlich, stets alle drei Schnitte herzustellen und zu vergleichen.

Eine ganze Anzahl von Objecten ist ohne vorherige Präparation durch einfaches Eintragen in einen Wassertropfen der Beobachtung mit dem Mikroskop leicht zugänglich zu machen, z. B. *Stärkemehl, Infusorienerde, Kamala, Lupulin, Lycopodium* und die schon oben genannten ein- oder wenigzelligen Pflanzen. Sehr viel schwieriger ist es, Pulver pflanzlicher Objecte zu untersuchen, besonders wenn dieselben so fein sind, dass selbst durch gröbere Splitter sich Schnitte nicht mehr herstellen lassen. Solche gröbere Pulver, viel weniger feine, bieten selbst dem geübten Mikroskopiker Schwierigkeiten dar, da sie aus sehr unregelmässigen Gewebs- und Zelltrümmern bestehen. Nur in den seltensten Fällen finden sich Querschnittsansichten, meist sind es Längs-, beziehungsweise Flächenbilder, die uns vor das Auge kommen. Bevor man daher an die Untersuchung eines Pulvers bekannter Provenienz geht[1]), muss man sich durch Herstellung guter Längs-, beziehungsweise Flächenschnitte eines unzerkleinerten Objectes über die Form der einzelnen Zellen, die dasselbe bilden, genaue Rechenschaft geben, wenn dies geschehen, ein Pulver aus dem unzweifelhaft sicher bestimmten Objecte selbst herstellen und endlich dieses mit dem zur Prüfung vorliegenden vergleichen. Auf diese Weise kann man z. B. über die Echtheit, beziehungsweise Verfälschung eines *Rhabarber-, Althaea-* oder *Süssholzpulvers* das bestimmteste Urtheil gewinnen. Schwieriger ist es schon, eine Ansicht über die Verfälschung selbst zu gewinnen. Dies kann nur dem mit Sicherheit gelingen, der über eine reiche Erfahrung verfügt, dem Anfänger ist es einfach unmöglich. Und da die Fälscher in demselben Verhältnisse schlauer in der Auswahl der Fälschungsmittel geworden sind, wie die Kenntnisse der Fälschungen sich vermehrten und die Methoden, sie aufzufinden, verbessert wurden, so stellen sich nicht selten gerade hier dem Forscher ungeahnte Schwierigkeiten entgegen. Selbst der Geübte muss sich oftmals auf's Rathen legen und unzählige wahrscheinliche Verfälschungsmittel durchmustern, ehe er das richtige findet. Nicht selten liefern hier die chemische Analyse und mikrochemische Reactionen wichtige Anhaltspunkte.

Auch von anderer Seite treten bisweilen der Untersuchung Schwierigkeiten entgegen. Nicht selten sind nämlich die Pulver so dunkel gefärbt,

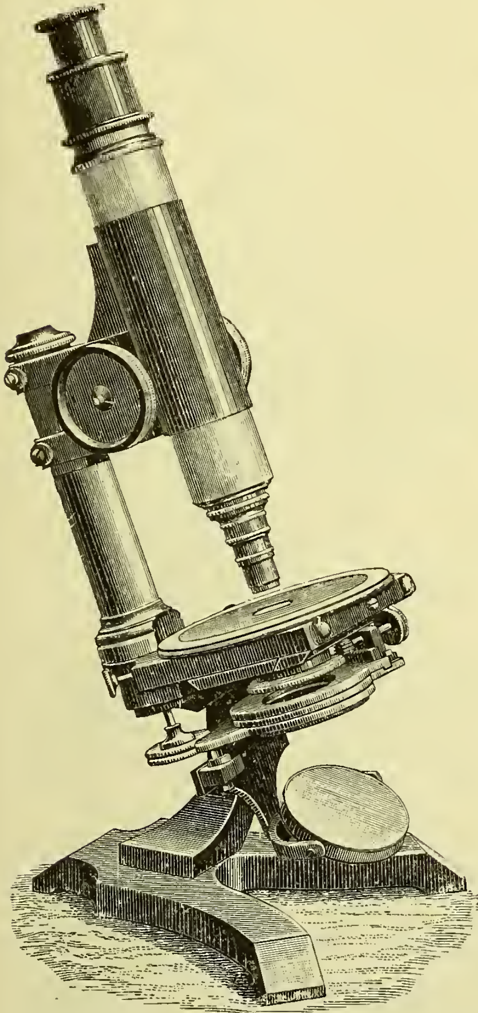
[1]) Wigand will das Mikroskop in der pharmaceutischen Praxis überhaupt nur zur Untersuchung von Pulvern angewendet wissen. Er hat so Unrecht nicht. Jedenfalls liegt die Zukunft des Mikroskopes in der Hand der Praktiker gerade in der Untersuchung pulverförmiger Objecte, für die übrigen reicht die Lupe meist aus.

dass man ohne Aufhellung nichts deutlich erkennen kann. Die Farbe kann entweder eine dem Objecte selbst zukommende natürliche sein, wie z. B. bei der *Chinarinde,* dem *Zimmt* u. a. oder bei Gelegenheit nachträglicher Röstung, behufs Herstellung der Handelswaare, erst später auftreten, wie z. B. beim *Kaffee,* den *Cichorien,* dem *Feigenkaffee.* In beiden Fällen ist sie für die Untersuchung sehr störend. Man kann sie in allen Fällen sehr leicht beseitigen und gleichzeitig eine für derartige Untersuchungen, besonders wenn grobe Pulver vorliegen, sehr wünschenswerthe Isolirung der einzelnen Zellen erreichen, wenn man sich des schon oben (S. 5) erwähnten SCHULTZE'schen Macerationsgemisches bedient. Erwärmt man solche Pulver auch nur kurze Zeit in diesem Gemisch, so werden die dunkelsten farblos und ein gelinder Druck auf das Deckgläschen genügt, die Gewebetrümmer in ihre Elemente, die einzelnen Zellen, zu zerlegen. Nun ist es nicht mehr schwierig, die Einzelheiten zu erkennen. Nur einen Uebelstand hat die Methode, sie zerstört den Zellinhalt fast ausnahmslos. Während dies für einige Zwecke störend ist und die gleichzeitige Herbeiziehung unbehandelter Präparate zur Nothwendigkeit macht, ist es in anderen Fällen sogar sehr förderlich, namentlich dort, wo einem Pulver reichlich Stärke beigemengt ist, deren Herkunft man bereits festgestellt hat. Hier lässt eine derartige Behandlungsweise die Zellformen sehr deutlich hervortreten. Und da man in allen Fällen bei Pulvern vegetabilischer Gewebe nach charakteristischen Zellformen suchen muss, ist diese Art der Vorbereitung eine sehr geeignete. In einigen Fällen thut Kalilauge oder Erwärmen, hier wie bei mikroskopischen Schnitten, auch dasselbe. Besonders die Stärke wird ja durch Kali oder heisses Wasser verkleistert — allein die Kalilauge hat doch, neben einigen Vorzügen, die sehr störende Nebeneigenschaft, dass in ihr alle Membranen stark quellen, man Messungen an ihnen also nicht mehr vornehmen kann. Dazu kommt, dass die Membranfärbungen selbst in alkoholischem Kali nur langsam verschwinden. Auch ein vorheriges Behandeln des Pulvers mit Aether oder Alkohol ist oftmals förderlich, besonders wenn fett- oder ölhaltige Objecte vorliegen. Man muss sich eben für jeden Fall das Geeignete aussuchen, was dem Geübten nicht schwer fällt und der Ungeübte soll derartige, oftmals, wenigstens wenn gerichtliche Streitfälle vorliegen, höchst verantwortungsvolle Untersuchungen, die eine genaue Kenntniss aller einschlägigen Verhältnisse, Umsicht und kritisches Urtheil verlangen, lieber unterlassen. Ohne gute vorherige Schulung darf Niemand an die Lösung derartiger Fragen herantreten.

Zur Herstellung mikroskopischer Schnitte bedient man sich eines scharfen Rasirmessers mit hohler Klinge für zarte, mit Keilklinge für harte Objecte. Die Anwendung eines Mikrotoms, eines Instrumentes, das in der thierischen Histologie sehr vielfache Anwendung findet, ist beim Studium der angewandten Anatomie weder zu empfehlen, noch auch nöthig, es sei denn, dass man eine ganze Suite von succedanen Querschnitten durch dasselbe Organ zu machen wünscht. Anwendung findet dies Instrument, das in hoher Vollkommenheit jetzt hergestellt wird, auch in der reinen botanischen Histologie wenig oder gar nicht, nur zum Studium der Entwicklungsgeschichte der Blüthe und ähnlicher zarter Organe werden Mikrotome benutzt. Da die Drogen in der überwiegenden Zahl der Fälle sehr harte Objecte sind, die Klingen der Mikrotome aber sehr zart zu sein pflegen, so sind die Mikrotome, die sich im Handel befinden, für Zwecke der angewandten Anatomie überhaupt nicht zu brauchen. Nun hat man freilich in neuerer Zeit diesem Uebelstande dadurch abzuhelfen gesucht, dass man feste Klingen einfügte, allein ich finde, dass trotz dieser Verbesserungen das Instrument doch für unsere Zwecke wenig gewonnen hat und meiner Ansicht nach durchaus entbehrlich ist. Man muss sich

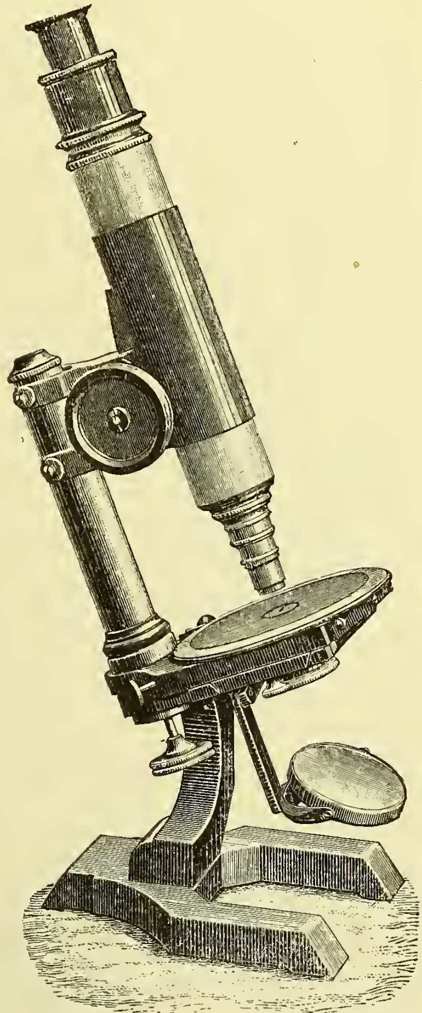
frühzeitig daran gewöhnen, mit möglichst wenig Apparaten und Utensilien auszukommen. Dies geht beim Studium der angewandten Anatomie leichter wie irgendwo sonst. Zwei Messer, eine Keilklinge für harte Objecte (Wurzeln, Hölzer) und eine hohle oder halbhohle Klinge für zarte (Blätter, Blüthen), ein Scalpell, eine kleine Scheere, einige Nadeln und Schälchen, Objectträger und Deckgläser, das ist Alles, was man braucht. Die Hauptsache ruht in den optischen Apparaten; ein gutes Mikroskop mit etwa

Fig. 5.



Stativ 2 von Seibert in Wetzlar mit Beleuchtungsapparat. (Preis des Stativs ohne Beleuchtungsapparat M. 180, mit Beleuchtungsapparat und den Objectiven I, II, IV, V und VII b [Immersion], 3 Ocularen und Mikrometer [Vergr. 30—1500] M. 435.)

Fig. 6.

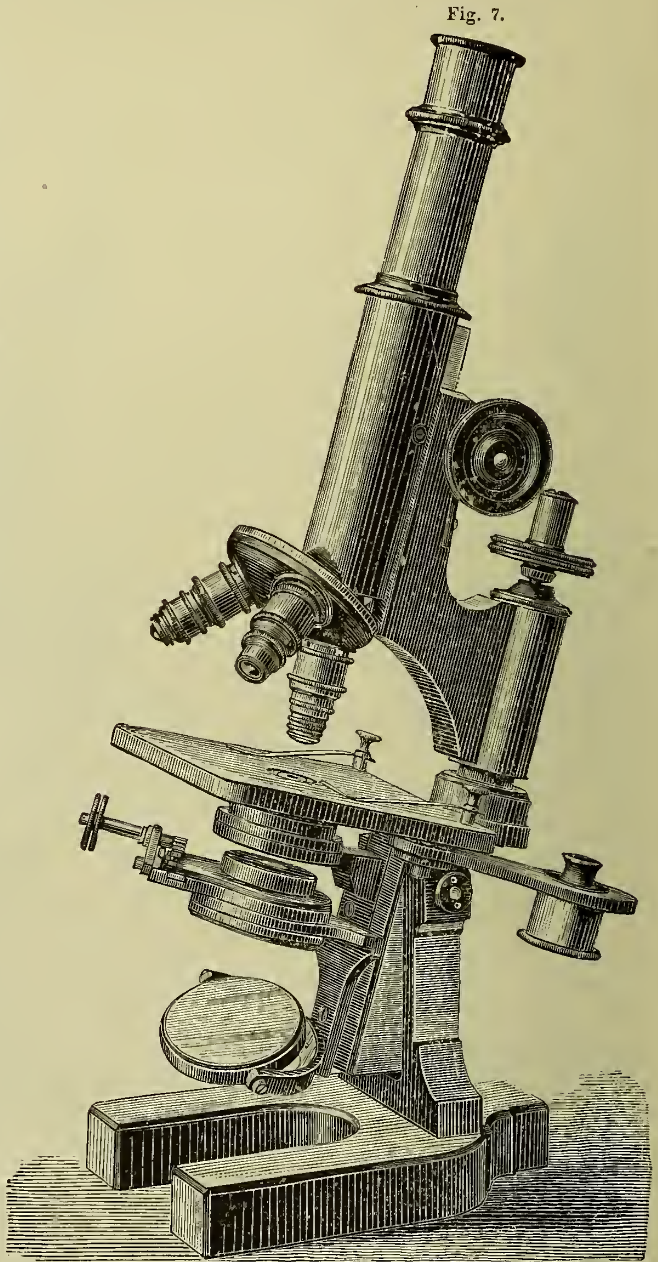


Stativ 3 von Seibert in Wetzlar. (Preis des Stativs M. 130, mit denselben Objectiven und Ocularen, wie Fig. 5, aber ohne Beleuchtungsapparat M. 334, ohne Immersion M. 259.)

3—4 Trockenobjectiven von einer zuverlässigen Firma, durch einen Sachverständigen geprüft, und eine gute Lupe — das sind die Haupterfordernisse. Der Geübte wird zwar auch mit schlechten optischen Apparaten mehr sehen, als wie der Laie mit den besten, aber zu einer guten und zuverlässigen Beobachtung gehört auch ein gutes Mikroskop. Ich warne dringend vor den in den Zeitungen angepriesenen sogenannten billigen

Mikroskopen: sie sind die theuersten, denn selbst der geforderte Preis ist noch zu hoch, sie leisten eben nichts und verderben besonders dem Anfänger rasch die Lust an der Arbeit.

Fig. 7.



Stativ Ia von Thate in Berlin mit Beleuchtungsapparat. (Preis des Stativs M. 130, mit Beleuchtungsapparat, 3 Ocularen, Objectiv 2, 7, 9 [Vergr. 30—800] und Revolver M. 291, ohne Beleuchtungsapparat M. 241.)

Unter einem guten Mikroskop verstehe ich nun nicht nur die theuren und complicirten — ein Anfänger weiss mit ihnen sogar gar nichts anzufangen —, es gibt auch billige genug, die etwas leisten, aber weniger als M. 120—200 sollte man nicht anlegen, dafür erhält man bei guten Firmen [1]) ein recht brauchbares Stativ mit 3 Trockensystemen, das bis zu einer Vergrösserung von etwa 500 bis 600 reicht (Fig. 5—9). Besonderer Werth ist bei der ersten Anschaffung auf ein gutes Stativ — etwa Seibert, Stativ 2 oder 3 (Fig. 5 und 6) oder Zeiss, Stativ 4 oder 5*a* oder Thate, Stativ I*a*, III, IV (Fig. 7, 8 und 9) — zu legen. Objective kann man sich dann nach und nach, je nach Bedürfniss, dazu anschaffen. Wer viel mit dem Mikroskope arbeitet, wird einen Revolver (Fig. 7), der ein schnelles Wechseln der Objective ermöglicht, nicht gern entbehren.

Hat man nun mit Hilfe des Rasirmessers den Schnitt hergestellt,

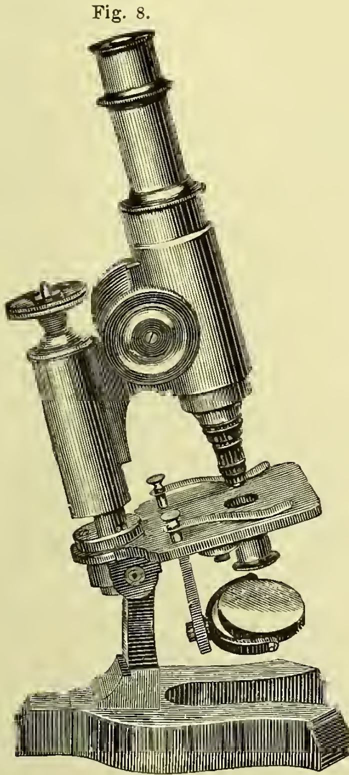
[1]) Für unsere Zwecke zu empfehlen sind die Mikroskope von Zeiss in Jena, Seibert in Wetzlar, Leitz in Wetzlar, Benèche in Berlin, Hartnack in Potsdam, Winkel in Göttingen, auch Thate in Berlin liefert neuerdings recht brauchbare Linsen. Natürlich ist mit diesen paar Namen die Liste der Verfertiger guter Instrumente noch lange nicht erschöpft. Ein Anfänger wird gut thun, bei der Auschaffung eines Mikroskopes einen Sachverständigen zu Rathe zu ziehen. Strasburger hat in seinem kleinen botanischen Practicum einige kleinere Instrumente zusammengestellt. Man kann das auch selbst thun, wenn man sich die Cataloge kommen lässt. Vergl. auch Fig. 5—9.

so überträgt man ihn auf einen Objectträger. Pulver bringt man nur in geringer Menge — soviel als an einer Nadel haftet — in den Beobachtungstropfen.

Als Einlegeflüssigkeit benutzt man für gewöhnlich Wasser. Nur in den Fällen, wo der Inhalt der Zellen durch letzteres verändert oder gänzlich desorganisirt wird, ist es nöthig, zu anderen Medien zu greifen, wie z. B. beim Studium der Aleuronkörner im *Leinsamen*, im *Senf*, in der *Mandel*. Hier verwendet man entweder dickes Glycerin oder fettes Oel; doch ist wohl zu berücksichtigen, dass alle Objecte in Glycerin und Oel eine andere Lichtbrechung zeigen als in Wasser.

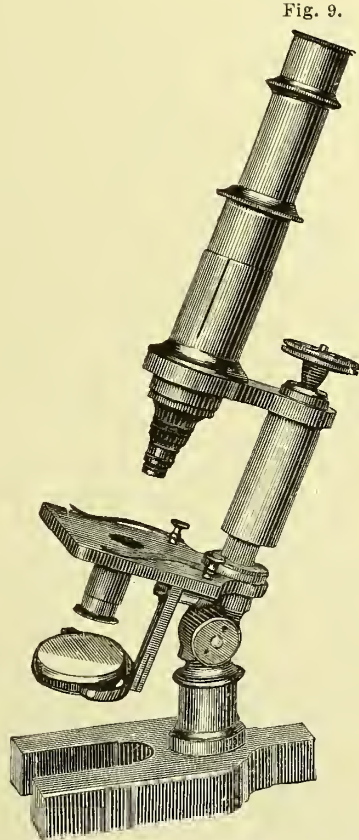
Durch Bedecken mit einem Deckgläschen ist das Object nun zur Beobachtung fertig gemacht.

Fig. 8.



Stativ III von Thate in Berlin. (Preis des Stativs M. 75, mit 3 Ocularen und den Objectiven 2, 7, 9 [Vergr. 30—800] M. 165, mit den Objectiven 2, 4, 7 [Vergr. 20—550] M. 150.)

Fig. 9.



Stativ IV von Thate in Berlin. (Preis des Stativs M. 55, mit 3 Ocularen und Objectiv 2, 7, 9 (Vergr. 30—800) M. 145, mit 2 Ocularen und Objectiv 2 und 7 [Vergr. 30—500] M. 100.)

Schnitte durch trockene Drogen rollen sich beim Schneiden leicht auf. Durch das Eintragen in Wasser streckt sich jedoch der Schnitt selbst nicht nur wieder, sondern auch die in der Droge meist (bei allen zartwandigen immer) geschrumpften und verbogenen Zellwände recken sich gerade und nehmen ganz oder doch nahezu ganz die Form wieder an, die sie im frischen Zustande hatten (verdünntes Kali hilft dort, wo dies nicht geschah, nach). Durch das Auflegen des Deckgläschens wird der Schnitt vollends ausgebreitet und in eine Ebene gebracht. Es genügt, das Deckglas auf das Präparat fallen zu lassen. Ein Druck auf das Glas

ist zu vermeiden. Zarte Objecte werden durch denselben immer zerquetscht, derbere oft verzerrt.

Da in der angewandten Pflanzenanatomie oftmals Objecte vorliegen, durch die Schnitte nicht hergestellt werden können, da sie, wie die Elemente der Pulver, zu klein sind, so nimmt man seine Zuflucht zum Zerzupfen mit der Präparirnadel, Zerdrücken mit dem Deckglas oder Abziehen, beziehungsweise Abschaben (Zupf-, Druck- und Schabepräparate), die meist gute Längs-, beziehungsweise Flächenansichten der Gewebselemente geben, über die Verbindung der Zellen und ihre topographische Lage freilich nichts aussagen.

Man legt das so vorbereitete Präparat nun auf den Objecttisch des Mikroskopes über die in demselben befindliche runde Oeffnung (Fig. 5 – 9), stellt den Spiegel ein, senkt das Ocular in den Tubus und bringt, während man dauernd in die Mikroskopröhre von oben hineinschaut, das Objectiv durch freie Schiebung des Tubus (Fig. 9) oder bei grösseren Instrumenten (Fig. 5, 6, 7, 8) durch Bewegung des Tubus mittelst des Triebes in die erforderliche Entfernung vom Object. Sobald der für die einzelnen Objective variirende Focalabstand — bei starken Linsen ist er gering, bei schwachen gross — erreicht ist, sieht man das Object in seinen allgemeinen Umrissen (grobe Einstellung). Nun legt man die Hand an die an der Tubussäule oben (Fig. 7, 8, 9) oder unten (Fig. 5, 6) befindliche Mikrometerschraube, die nur eine sehr geringe Auf- und Abwärtsbewegung des Tubus bewirkt, und sucht sich die einzelnen Theile des Bildes deutlich einzustellen (feine Einstellung).

Am besten bleibt eine Hand während der Beobachtung dauernd an der Mikrometerschraube liegen.

Um feinere Sculpturen zu beobachten, ist es gut, eine Blende (Cylinderblende, Fig. 8 und 9 oder Scheibenblende) dem Objecttisch einzufügen. Was das Bild an Helligkeit verliert, gewinnt es an Schärfe. Bei genaueren Untersuchungen wird man überhaupt niemals ohne Blende arbeiten.

Für gewöhnlich arbeitet man mit directer Beleuchtung, will man Sculpturirungen der Oberfläche oder besonders feine Liniensysteme studiren, so beleuchtet man mit schief gestelltem Spiegel (schiefe Beleuchtung).

Es empfiehlt sich stets zunächst schwache Vergrösserungen anzuwenden und erst allmälig zu den stärkeren vorzuschreiten. Am meisten werden die sogenannten mittleren, etwa 200—500fach vergrössernden Linsen in der angewandten Anatomie gebraucht, stärkere Trockensysteme dienen in der Regel nur zur Verification des Gesehenen. Nur selten muss man zu ihnen seine Zuflucht nehmen, wie z. B. bei der Untersuchung des Zellinhaltes, feiner Streifungen der Membran, Schichtung der Stärkekörner, Aufsuchung der Globoide der Aleuronkörner u. a. Wasser- oder Oelimmersionen — letztere auch als homogene bezeichnet — braucht man in der angewandten Anatomie selten. Meist wird man nur bei Bacterienuntersuchungen Gelegenheit haben, sie anwenden zu müssen. Dort sind sie allerdings unerlässlich, wie auch bei der Untersuchung der feineren Structurverhältnisse der Diatomeenschalen, die man bei Betrachtung der sogenannten Infusorienerde, die ja bekanntlich nur aus dem Kieselpanzer dieser kleinen Organismen besteht, unter dem Mikroskop leicht studiren kann, man braucht nur ein wenig diese Infusorienerde in Wasser vertheilt mit dem Mikroskope zu betrachten.

Der Anfänger zeigt ein erklärliches Bestreben, starke Vergrösserungen anzuwenden, in der Hoffnung, mit ihnen mehr zu sehen als mit den schwachen und mittleren. Bald jedoch wird er sich enttäuscht fühlen, denn gerade die stärkeren Systeme, die stets eine starke Lichtschwächung mit sich bringen, eignen sich fast nur für vortrefflich präparirte Objecte

und wie alles in der Welt, geht das Präpariren anfangs nicht sonderlich — es will eben gelernt sein.

Ueberhaupt spielt die eigene Uebung im Präpariren und Beobachten beim Studium der angewandten Anatomie, wie bei dem der reinen die Hauptrolle. Aus Büchern ist sie nicht zu lernen. Man muss selbst sich an die Beobachtung machen. Denn auch die angewandte Anatomie ist eine naturwissenschaftliche Disciplin, kann also nur durch Beobachtung der Verhältnisse, wie sie die Natur darbietet, erlernt und getrieben werden. Sie unterscheidet sich von der reinen Anatomie ja nur dadurch, dass sie vornehmlich die anatomischen Verhältnisse der praktisch angewendeten und technisch verwertheten Pflanzen und Pflanzenorgane tractirt. Anatomie erlernen ist also identisch mit anatomische Verhältnisse beobachten, d. h. sehen und beurtheilen lernen.[1] Absichtlich habe ich diese beiden Thätigkeiten auseinander gehalten. Sie stellen die beiden Seiten jeder wirklichen Beobachtung dar: die aufnehmende und die verarbeitende, die rein mechanische Thätigkeit des Auges und die geistige der Beurtheilung des Gesehenen. Beide wollen gelernt sein. Denn obgleich wir seit unserer Geburt unser Auge gebrauchen, also sehen lernen, können doch die Wenigsten wirklich sehen, d. h. beobachten. Das, was wir im gewöhnlichen Leben „sehen“ nennen, ist nichts anderes als ein höchst oberflächliches, flüchtiges Betrachten. Das Studium der naturwissenschaftlichen Disciplinen erfordert zunächst wirklich Sehen, d. h. beobachten zu lernen, nicht flüchtig, sondern eingehend die Gegenstände zu betrachten. Dies zu erlernen ist der erste Schritt, den man beim Studium der Naturwissenschaften, die sich ja mit den uns umgebenden Körpern und Kräften der Natur beschäftigen, zu thun hat. Nur der, welcher Leute, die nie zuvor beobachten gelernt, beobachten gelehrt hat, weiss wie schwer die

---

[1]) Von den Werken, die dem Studium der Pflanzenanatomie dienen, ist für unseren Zweck keines ohne Weiteres geeignet, da sie ausschliesslich der reinen Botanik gewidmet sind und auf die Bedürfnisse der angewandten nicht Rücksicht nehmen, auch nicht gut nehmen können. Doch wird man sie trotzdem gern zu Rathe ziehen. Das umfangreichste und was Zuverlässigkeit und Reichhaltigkeit betrifft unerreichteste aller Handbücher der Anatomie ist de Bary's, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig 1877, 663 Seiten. Es ist die Quelle für alle späteren und unerschöpflich in anatomischen Details. Es behandelt aber die Anatomie rein descriptiv. Der Forderung physiologischer Darstellung der anatomischen Verhältnisse entspricht Haberlandt's Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig 1884, 398 Seiten. In ihm wird der Versuch gemacht, den anatomischen Bau durch die physiologische Function zu erklären Haberlandt geht also einen Schritt weiter als de Bary. — Eine gute Darstellung der Anatomie der Zelle gab Zimmermann in seiner Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. Leipzig 1887, 219 Seiten. Ferner findet man eine kurze Gesammtdarstellung der Anatomie in Leunis-Frank, Synopsis. Hannover 1883, Bd. I, 96 Seiten, sowie in den Lehrbüchern: Sachs, Lehrbuch der Botanik. Leipzig 1874, 4. Aufl., Luerssen, Med.-pharm. Botanik. Leipzig 1882. Prantl, Lehrbuch der Botanik. Wiesner, Elemente der Anatomie. Wien 1881. Den Grundriss einer angewandten Pflanzenanatomie hat Verf. dieses Buches in den mit Flückiger gemeinschaftlich herausgegebenen Grundlagen der Pharmakognosie, Berlin 1885, entwickelt. Auch Wiesner's Einleitung in die technische Mikroskopie, Wien 1867, enthält die Elemente einer angewandten Anatomie. — Beiträge zur angewandten Pflanzenanatomie sind allenthalben verstreut zu finden. Das umfangreichste Werk, was sich ausschliesslich mit diesen Fragen beschäftigt, ist Wiesner, Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. Leipzig 1873, 846 Seiten. Die anatomischen Verhältnisse der Drogen berücksichtigen eingehend die Pharmakognosien von Flückiger, Berlin 1883 und Marmé, Leipzig 1886 und Vogl's Commentar zur österr. Pharmakopöe, Wien 1880, auch in Berg's zahlreichen Publicationen (besonders der Waarenkunde und dem anatomischen Atlas) findet man noch heute vieles Brauchbare. Die Nahrungsmittel wurden anatomisch behandelt von Möller, Mikroskopie der Nahrungs- und Genussmittel. Berlin 1886; Schimper, Anleitung zur mikroskop. Unters. der Nahrungs- und Genussmittel. Jena 1886; Hanausek, Nahrungsmittel u. a. Speciellere Gebiete tractiren, meist in sachgemässer Form, die zahlreichen Bändchen der allgemeinen Waarenkunde (Cassel-Berlin, Th. Fischer), deren ich später noch oft zu gedenken haben werde, sowie auch Wiesner's Mikroskopische Untersuchungen. Stuttgart 1872, Wittmack's, A. Meyer's, Hartwig's und des Verf. Aufsätze im Arch. d. Pharm. und anderwärts. Die Anatomie der landwirthschaftlichen Samen behandelt Harz, Landwirthschaftliche Samenkunde. Berlin 1885.

meisten „sehen" lernen. Die Flüchtigkeit, die die Regel bei unserem gegewöhnlichen Betrachten der Gegenstände bildet, ist uns so zur Gewohnheit geworden, dass es ernsten Willens und guter Schulung bedarf, um diese üble Angewohnheit abzulegen. Wenn man sehen gelernt hat, ist man schon über der Hälfte des Weges. Jedoch das Sehen allein thut es doch nicht. Man muss auch das Gesehene zu beurtheilen verstehen. Hier setzt die geistige Thätigkeit ein. Es ist nun aber nicht möglich, ein Bild, das das Auge sieht, richtig zu beurtheilen, das Wichtige vom Nebensächlichen zu trennen, wenn uns nicht eine gewisse Summe von Kenntnissen zu Gebote steht. Diese Kenntnisse können wir uns durch eigenes Studium der Errungenschaften der Wissenschaften erwerben — also durch rein theoretische Studien — oder aber wir können sie — und dies ist der bessere Weg — an der Hand eines Lehrmeisters [1]) erwerben, der uns die Resultate der Wissenschaft in der Weise zugänglich macht, dass er uns dieselben selbst noch einmal beobachten lässt. Auf diesem Wege lernt man beides — Sehen und Beurtheilen — zugleich, und daher sind praktische mikroskopische Uebungen unter Leitung eines Lehrers auch zum Studium der angewandten Anatomie nahezu unerlässlich. Wenn ich daher im Vorhergehenden einige Winke bezüglich der mikroskopischen Präparation gegeben und auf andere ausführlichere Werke verwiesen habe und im Folgenden eine theoretische Darstellung der angewandten Pflanzenanatomie geben werde, so sollen beide keineswegs das praktische Studium ersetzen. Sie sind nur Hilfsmittel, um das Beobachten und Beurtheilen zu erleichtern, nicht Selbstzweck, sie sollen dem Beobachter durch Hinweis auf bekannte Erscheinungen gleicher oder ähnlicher Art einen Theil der Schwierigkeiten wegräumen, nicht die Beobachtung selbst ersetzen. Selbst sehen, selbst beurtheilen das ist der Fundamentalsatz aller Naturwissenschaft.

Hat der Praktikant es gelernt, an mikroskopischen Präparaten ganz im Allgemeinen Beobachtungen anzustellen, so wird er zunächst mit den Einzelheiten der Zellformen und der Art der Verbindung der Zellen zu Geweben, d. h. der Morphologie der Zelle und der Topographie der Gewebe sich bekannt zu machen haben. Für letztere ist das sogenannte Lupenbild, d. h. das Bild, welches man bei schwachen Vergrösserungen erhält, von oftmals entscheidendem Werth. Während die Morphologie der Zelle nur aus dem Quer- und den beiden Längsschnitten erschlossen werden kann, ist die Topographie der Gewebe oft schon aus dem Querschnitt allein zu ersehen. Erst wenn man über diese beiden Punkte im Klaren ist, darf sich die Beobachtung dem Zellinhalte zuwenden. Die Wissenschaft der angewandten Pflanzenanatomie ist genau den gleichen Weg gegangen. Berg und Schleiden, die sie begründeten, sind über eine Topographie der Gewebe wenig hinausgekommen. [2]) Die morphologischen Verhältnisse der einzelnen Zellen waren Gegenstand der Studien der späteren Zeit, und erst in neuester Zeit beginnt man auch dem Zellinhalte die gebührende Berücksichtigung angedeihen zu lassen.

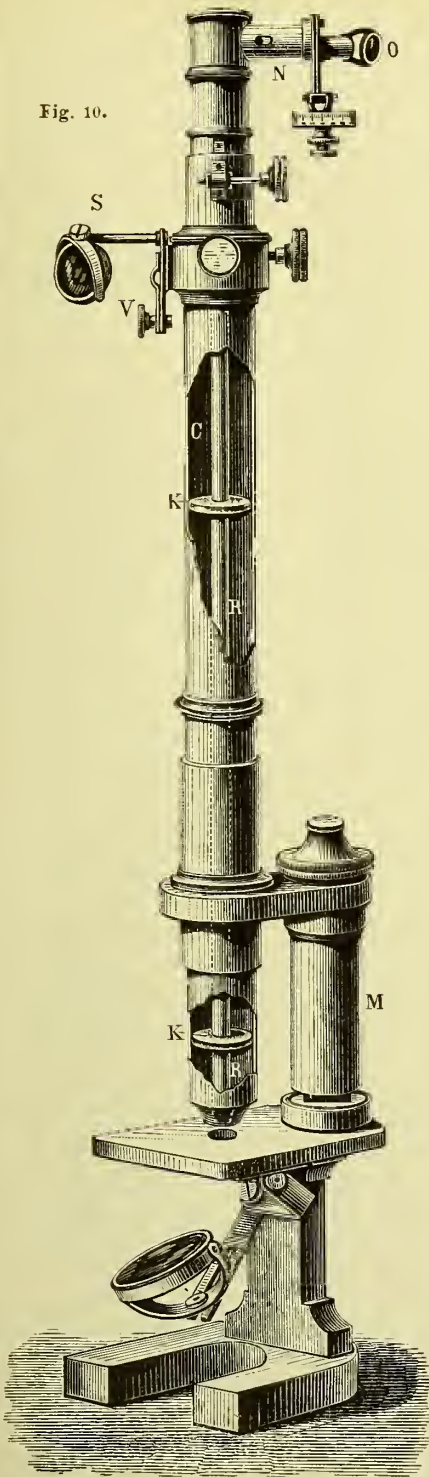
Hier bei der Untersuchung des Zellinhaltes als des schwierigsten Theiles der Untersuchung kommen nun alle diejenigen Hilfsmittel der mikroskopischen Technik, die optischen sowohl wie die mechanischen und

---

[1]) Demjenigen, der gezwungen ist, sich in die Pflanzenanatomie ohne Lehrmeister einarbeiten zu müssen, empfehle ich auf's wärmste Strasburger's kleines botanisches Practicum, Jena 1884, oder das umfangreichere (grosse) botanische Practicum desselben Autors. Beide sind vortrefflich. Die angewandte Pflanzenanatomie wird in ihnen freilich nicht berücksichtigt und die zu den Beispielen herbeigezogenen Pflanzen sind nicht überall leicht zu beschaffen.

[2]) So ist z. B. das, was in dem trefflichen anatomischen Atlas von Berg von den Zellinhalten dargestellt ist (bis auf die Stärke), fast durchwegs falsch und Godfrin und Noël (Atlas manuel de l'histoire des Drogues simples, Paris 1887) stehen noch heute auf dem Standpunkte Berg's von 1865.

Fig. 10.



Spectralapparat zur Beobachtung dicker Flüssigkeitsschichten. *V, S, N* Spectralocular. *C* Verlängerter Tubus. *R* Beobachtungsrohr. *K* Korkscheibe zum Festhalten desselben (Tschirch).

chemischen, die zum Theile wenigstens für das Studium der angewandten Anatomie oben als nicht gerade nothwendig erachtet wurden, bisweilen doch zur Geltung, besonders die stärkeren Objectivsysteme mit hoher Vergrösserung. Aber auch andere Hilfsmittel wird Jeder, der sich eingehender mit der Sache beschäftigt, gern und mit Erfolg herbeiziehen, namentlich den Mikrospectralapparat, den Mikropolarisationsapparat, den Messapparat und die mikrochemischen Reagentien.[1]) (Vergl. das Verzeichniss der Reagentien am Ende dieses Capitels.)

Von den stärkeren Vergrösserungen verlangen nur die Immersionen einige Worte der Erläuterung. Sie heissen Immersionen (von immergere, eintauchen), weil das Objectiv in einen Tropfen eintaucht. Bei den Wasserimmersionen ist es ein Wassertropfen, bei den homogenen ein Tropfen eines ätherischen Oels mit hohem Brechungsindex (Fenchelöl oder Cedernöl). Man bringt mit Hilfe eines Glasstabes den Tropfen oben auf das Deckglas und senkt den Tubus so lange, bis das System eintaucht. Bei Anwendung von Oelimmersionen ist ein unter dem Objecttisch anzubringender Beleuchtungsapparat (Fig. 5 und 7) wünschenswerth, bei Wasserimmersionen unerlässlich. Die neueren Systeme von Zeiss und Seibert (Apochromat-Objective und Compensations-Oculare) jedoch, die eine ganz ausgezeichnete Helligkeit und Schärfe des Bildes erzeugen, machen denselben entbehrlich.

Das Mikrospectralocular (Fig. 10) findet als solches für mikroskopische Zwecke nur geringe Anwendung, doch kann man es bei Untersuchung grüner Pasten oder Extracte *(Extr. filicis)* auf Chlorophyll, in der Form, die ich ihm gegeben habe (Fig. 10)[2]), mit Erfolg benutzen.

Der Mikropolarisationsapparat ist ein neuerdings auch in der angewandten Pflanzenanatomie oft

---

[1]) Details über diese Dinge, besonders die mikroskopischen Nebenapparate, findet man bei Behrens a. a. O. S. 92 u. ff.

[2]) Einige praktische Ergebnisse meiner Untersuchungen über das Chlorophyll (Arch. d. Pharm. 1884, S. 136).

benutzter Apparat. Ich benutze ihn zum Aufsuchen kleiner doppelbrechender Kristalle mit bestem Erfolg. So habe ich mit seiner Hilfe in sehr vielen Aleuronkörnern Calkoxalatkristalle nachweisen können, in denen man früher keine solchen gefunden hatte. Es fällt dabei besonders in's Gewicht, dass die in der Pflanze vorkommenden Kristalle oder Kristalloïde fast ausnahmslos zu den doppelbrechenden Systemen gehören. Des winkelmessenden Goniometers bedarf man in der angewandten Anatomie kaum.

Der Messapparat für mikroskopische Zwecke besteht, in der jetzt allgemein üblichen Form, in einer, auf Glas geätzten, willkürlichen Scala (Mikrometer), die meist in das Ocular eingelegt oder eingeschoben wird, und deren Theilstriche in ihrem absoluten Werthe durch Vergleich mit einer Scala von bekannter Theilung festgestellt worden sind. Meist ist der Werth der einzelnen Theilstriche der willkürlichen Scala bei den verschiedenen Vergrösserungen in einer dem Mikroskope beigelegten Tabelle verzeichnet, oder beim Verfertiger des Instrumentes zu erfahren.[1]) Besser ist es, man bestimmt ihn sich selbst. Es ist dazu nur ein auf Glas geätzter Maassstab nöthig, der einen Millimeter in 100 Theile getheilt enthält. Durch Vergleichung dieses Maassstabes mit dem willkürlichen kann man den Werth der Theilstriche des letzteren leicht feststellen.

Der Messapparat spielt eine grosse Rolle bei Stärkemehlanalysen, Holzuntersuchungen, wie überhaupt überall dort, wo es auf genaue Feststellung von Grössenverhältnissen ankommt, und scharfe Unterschiede oft nur in der Grösse liegen, wie z. B. bei den Stärkekörnern der *Reis* und *Mais* einerseits und denen des *Weizens*, der *Gerste* und des *Roggens* andererseits, sowie bei der Feststellung des Verhältnisses der Weite des Lumens zur Wanddicke der Fruchthaare dieser *Cerealien* u. a.

Allen mikroskopischen Messungen legt man jetzt nach HARTING's Vorschlag den Mikromillimeter zu Grunde. Derselbe — 1 μ, 1 Mik., 1 Mmm., 1 Mikron ist $= \frac{1}{1000}\,mm = 0{\cdot}001\,mm = 0{\cdot}000001\,m$.

Die umfassendste Anwendung aber finden und verdienen die mikrochemischen Reagentien und Tinctionsmittel, von denen ich eine Auswahl der gebräuchlichsten am Ende dieses Capitels gebe. In ihnen besitzen wir Mittel, die chemische Natur mikroskopisch kleiner, ja kaum wahrnehmbarer Zellinhaltsbestandtheile nachzuweisen, wie auch den chemischen Charakter der Membran festzustellen. Ihrer wird daher kein Mikroskopiker mehr entrathen. Sie gehören auch zu den wichtigsten Hilfsmitteln der angewandten Anatomie.

Dennoch sind sie nur Hilfsmittel, die Hauptsache bleibt die Beobachtung selbst und die Interpretation des Gesehenen. Beides wird um so besser gelingen, je mehr Uebung und Erfahrung man sich angeeignet hat. Ich kann daher allen denen, die sich mit angewandter Pflanzenanatomie, d. h. mit der mikroskopischen Untersuchung von Drogen, Nahrungsmitteln, Sämereien, landwirthschaftlichen Producten, Gespinnstfasern und Aehnlichem beschäftigen wollen, nur dringend rathen, sich durch eingehendes

---

[1]) Der Werth eines Theilstriches der ZEISS'schen empirischen Ocularmikrometerscala ist in Mikromillimetern:

bei Objectiv	Ocular II	Ocular III
A	1	14
C	6·7	6
E	2·7	2·4

Man muss also z. B. alle mit dem Mikrometer bei Anwendung von Ocular II und Objectiv C erhaltenen Werthe mit 6·7, alle bei Ocular II und Objectiv E erhaltenen mit 2·7 multipliciren. Wenn also ein Stärkekorn bei letzterer Vergrösserung $\left(\frac{II}{E}\right)$ 5 Theilstriche mass, so ist es 13·5 Mik. lang.

eigenes Studium am Präparirtisch mit dem Mikroskop diese Uebung selbst zu erwerben und stets und überall die eigene Beobachtung in die erste Linie zu stellen, alle Bücher, Abbildungen, Mikrophotographien und Aehnliches [1]) nur in zweifelhaften Fällen oder zum Vergleich heranzuziehen.

Eine vortreffliche Vorbereitung für spätere Untersuchungen ist die Herstellung von Dauerpräparaten der gebräuchlichen Drogen, Nahrungs- und Genussmittel, Stärkesorten, Gespinnstfasern u. a. Ganz abgesehen davon, dass man bei einer derartigen Arbeit, wenn sie nicht mechanisch und geistlos betrieben wird, das betreffende Object vortrefflich kennen lernt, bietet sie uns zugleich einen gewissen sichtbaren Erfolg in der Präparatensammlung selbst dar; und da bekanntlich jeder Erfolg den Sporn für weitere Arbeit in sich trägt, so ist zu erwarten, dass die Liebe zu derartigen Untersuchungen durch Anlegen einer solchen Sammlung geweckt, erhalten und genährt werden wird. Wie kann ein Apotheker seine Mussestunden besser verwenden, als durch allmälige Anlegung einer solchen Sammlung? Sie wird ihm reiche Früchte tragen; denn braucht er einmal zur Lösung einer ihm gestellten Frage ein Originalpräparat zum Vergleichen, ist ihm z. B. ein vom Drogisten gesandtes *Süssholzpulver* oder *Lycopodium* verdächtig, und wünscht er sich zu vergewissern, ob es rein oder verfälscht ist, — so hat er in seiner Sammlung alsbald das Vergleichspräparat zur Hand, um die Frage in kurzer Zeit entscheiden zu können. Denn nur durch eigenes Vergleichen des fraglichen Productes mit einem unzweifelhaft echten sind derartige Fragen zu lösen, — niemals durch Vergleichen mit Abbildungen, deren Werth ich für die Praxis nur gering anschlage. Bei der mikroskopischen Analyse lässt sich eben kein festbestimmter „Gang“, wie bei der chemischen, geben, und fortdauerndes Vergleichen tritt an die Stelle eines Systems. Von einigen Gruppen von Pflanzenproducten (Stärke, Spinnfasern) besitzen wir allerdings ganz gute „Schlüssel“ zum Bestimmen; für die Mehrzahl der Objecte sind wir jedoch darauf angewiesen, das erfahrungsgemäss in dem vorliegenden Falle Mögliche durchzuprüfen, bis das Richtige gefunden ist. Das Vergleichen wird also zur Hauptsache.

Wie das Präpariren selbst, so ist auch das Herstellen von Dauerpräparaten ausserordentlich einfach. Hat man mit Hilfe des Rasirmessers z. B. einen Querschnitt, einen radialen und einen tangentialen Längsschnitt durch eine *Ipecacuanhawurzel* hergestellt, alle drei mit Hilfe der Präparirnadel neben einander auf den gut gereinigten Objectträger [2]) in einen Tropfen Wasser gelegt, — man wählt dazu aus praktischen und ästhetischen Gründen die Mitte des Objectträgers — und sich alsdann, nachdem das vorsichtig gereinigte, nicht zu kleine Deckgläschen [3]) auf das

---

[1]) Immerhin mögen Abbildungen, wenn sie gut sind, zur Orientirung herbeigezogen werden. Die besten von unzerkleinerten Drogen finden sich in Berg's anatomischem Atlas, Berlin 1865; auch Vogl's anatomischer Atlas, Wien 1887, enthält viele gute Bilder. In den grossen Zügen richtige, in den Details unbrauchbare Bilder enthält der Atlas manuel de l'histoire des drogues simples von Godfrin und Noël, Paris 1887, das Gleiche gilt von den Hugon'schen Abbildungen in der Histoire des drogues von Flückiger und Hanbury. Die Stärke- und Spinnfasern hat v. Höhnel in zwei kleinen Schriftchen sachgemäss abgebildet (Die Stärke und die Mahlproducte, Cassel 1882 und die Mikroskopie der technisch verwendeten Faserstoffe, Wien 1887). Nahrungs- und Genussmittel betreffende gute Abbildungen finden sich in Möller's Mikroskopie der Nahrungs- und Genussmittel, Berlin 1886; Birnbaum und Grimm, Atlas von Photographien mikroskopischer Präparate der reinen und gefälschten Nahrungsmittel, Stuttgart 1886; mehr schematisch sind die, in Schimper's Anleitung zur mikroskopischen Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel, Jena 1886, befindlichen, welche Aufzählung aber bei weitem nicht das auf diesem Gebiete seither Herausgegebene erschöpft.

[2]) Man verwendet am besten solche von weissem Glas — grünes kann aber auch unbeanstandet benutzt werden — von 76 Mm. Länge und 26 Mm. Breite (englisches Format) — das deutsche oder Giessener Vereinsformat hat 48/28 Mm., das Wiener Format 65/25 oder 70/27 Mm.

[3]) Man verwendet am besten solche von 18 □Mm. Kleinere sind beim Arbeiten mit Reagentien unbrauchbar, da bei ihrer Anwendung die Objective leicht beschmutzt werden. Objectträger und Deckgläser liefert W. P. Stender in Leipzig.

Präparat gelegt worden ist, durch Beobachtung mit dem Mikroskop überzeugt, dass alle drei Schnitte brauchbar sind, so bringt man auf die linke Seite neben — nicht auf! [1]) — das Deckgläschen einen Tropfen Glycerin und saugt nun von der rechten Seite mit Hilfe eines Stückchens Fliesspapier das Wasser von dem Präparate so lange ab, bis das erstere vollständig durch Glycerin ersetzt ist, das Präparat also nun in Glycerin liegt, lässt den Objectträger etwa eine Stunde liegen, wischt, indem man den Zeigefinger der rechten Hand mit einem feuchten Tuche vorsichtig an den Rändern des Deckgläschens entlang fährt, — doch so, dass letzteres nicht verschoben wird — das etwa über das Deckgläschen hinausgedrungene Wasser oder Glycerin vollständig ab und kann, sobald der freiliegende Theil des Objectträgers trocken ist, sofort mit dem Verschliessen beginnen. Ich verwende als Verschlussmittel den gewöhnlichen dünnflüssigen schwarzen Asphaltlack (Maskenlack); Anderen gefällt der goldgelbe Goldsizelack oder eine alcoholische Auflösung von Siegellack besser — das ist Geschmacksache. Man führt den Pinsel mit dem Lack vorsichtig in der Weise an allen vier Rändern des Deckgläschens entlang, dass er etwas auf das Deckgläschen hinüberreicht, dass also nicht nur, wenn der Lack getrocknet ist, was in etwa 24—48 Stunden geschehen, das Deckglas fest und unverrückbar mit dem Objectträger verbunden, sondern auch das im Glycerin liegende Präparat luftdicht nach aussen verschlossen ist. Sollte es sich nach 24 Stunden beim Durchmustern zeigen, dass der Verschluss an einigen Stellen nicht dicht ist, so muss man noch einmal mit etwas Lack nachhelfen. Man kann auch, bevor man den Asphaltlack aufträgt, zunächst mit einem Wachsstocke einen schmalen Wachsring um das Deckgläschen legen, was namentlich bequem ist, wenn man das Präparat nicht sofort fertig machen will. Auch sauberes Verschliessen ist sehr bald gelernt, wenn man quadratische Deckgläser verwendet. Schwieriger ist die Sache bei runden, deren Gebrauch keine Vorzüge bietet. Hier verwenden alle Freunde vieler Apparate runde Drehscheiben, auf die das Präparat gelegt wird — es geht aber auch mit der Hand. Ist der Lack trocken, so signirt man das Präparat, und zwar in der Weise, dass man rechts und links vom Deckglase zwei dicke weisse Pappcartonquadrate von der Breite des Objectträgers anbringt. Es ist aber, wie Jeder weiss, ein böses Ding, Papier auf Glas dauerhaft zu befestigen. Ich bediene mich dazu eines Mittels, das ebenso leicht darzustellen, wie brauchbar ist, nämlich einer flüssigen Auflösung von (mit Wasser erweichter) Gelatine in Eisessig. Diese Lösung ist ein treffliches Klebemittel für Präparatenetiquetten und trocknet über Nacht. Auch flüssig gemachtes Baumwachs kann man verwenden.

Die in oben angegebener Weise hergestellten Präparate kann man in Pappkästen übereinander schichten.

Das Einlegen in Glycerin vertragen alle Objecte der angewandten Anatomie; nur diejenigen, deren Zellinhaltsbestandtheile durch Wasser zersetzt werden, bewahrt man in fettem Oel auf (Schnitte durch aleuronhaltige Samen). Statt des Glycerin verwendet man in einigen Fällen, wo man die starke Aufhellung des Präparates durch dasselbe vermieden wissen will, auch eine concentrirte Chlorcalciumlösung. Denn so wünschenswerth bisweilen, besonders bei dicken Schnitten, wie sie der Anfänger herstellt, eine Aufhellung erscheint, so kann dieselbe doch bei sehr zarten Objecten in Folge des hohen Lichtbrechungsvermögens des Glycerins so stark werden, dass man das Präparat undeutlicher sieht als in Wasser. Ist eine Aufhellung wünschenswerth — und in der angewandten Anatomie ist dies öfter nöthig als das Gegentheil —, so leistet verdünnte Kalilauge oft recht

[1]) Tropfen auf dem Deckglase machen das Bild bei allen Trockensystemen undeutlich und trübe!

gute Dienste, besonders bei Untersuchung pflanzlicher Pulver, nur muss man dabei allezeit berücksichtigen, dass der Zellinhalt durch das Kali verändert wird — auch Erwärmen über einer kleinen Flamme (mikrochemische Lampe) thut oftmals gute Dienste, besonders dann, wenn man die Morphologie der Zellwand und die Topographie der Gewebe studiren will, sehr stärkereiche Objecte *(Rad. althaeae, Rad. liquiritiae, Sassaparilla)* vorliegen, und man sich über den durch Erwärmen natürlich gleichfalls veränderten Zellinhalt durch Untersuchung nicht erwärmter Präparate bereits orientirt hat.

Ein Einlegen in Canadabalsam vertragen nur dauerhafte Präparate. Viele Drogen gehören hierzu. Wenn es also dem Präparator nur auf das Zellnetz ankommt, nicht auf den Inhalt, so mag er z. B. Schnitte durch *Lign. juniperi, Quassiae, Guajaci, Cort. chinae, Rhiz. galangae* u. ähnl., besonders gefärbte Drogen, getrost in Canadabalsam betten. Man verfährt dabei in der Weise, dass man den freiliegenden Schnitt erst in Wasser legt, damit er thunlichst die natürlichen Formen wieder annimmt, das Wasser absaugt, Alkohol zufügt, den Alkohol durch Chloroform und das Chloroform durch eine Lösung von Canadabalsam in Chloroform ersetzt, eintrocknen lässt, einen kleinen Tropfen von Canadabalsam hinzufügt, über einer Flamme schwach erwärmt, bis der Balsam flüssig geworden und das Chloroform vollends verdunstet ist und dann erst das Deckgläschen auflegt. Nach dem Erhärten hält das Deckglas von selbst fest; solche Präparate brauchen also nicht mit Lack noch umzogen zu werden. Canadabalsam eignet sich besonders für Drogen mit gefärbten Membranen *(China, Zimmt)*, weniger für solche mit zarten und hellen (Holz von *Pinus, Angelicawurzel)*, die meist, wenn der Schnitt dünn war, da der Brechungsindex der Zellmembranen dem des Balsams sehr nahe liegt, derartig hell werden, dass man die Zellwände kaum noch sieht. Da die ganze Behandlungsweise umständlich ist, die Methode für viele, namentlich zarte Objecte zudem unanwendbar ist, so verwende ich den Canadabalsam selten und gebe der universellen Glycerin-Lackmethode für unsere Zwecke entschieden den Vorzug. Das Umziehen mit Lack kann man sich auch durch Anwendung von Glyceringelatine[1]) ersparen. Man bringt das Präparat in einen Tropfen der flüssig gemachten Gelatine, legt das Deckgläschen auf und lässt erkalten, alsdann erhärtet die Gelatine und hält das Gläschen fest.

Es empfiehlt sich nun sehr, nicht nur Quer- und Längsschnitte der Drogen, Nahrungsmittel etc., sondern auch Pulver derselben als mikroskopische Dauerpräparate herzustellen; da man sehr oft gerade in die Lage kommt, Pulver mikroskopisch untersuchen zu müssen.

Man vertheilt eine kleine Menge des Pulvers, eventuell nach vorheriger Aufhellung durch das SCHULTZE'sche Macerationsgemisch, in einen Tropfen Wasser und verfährt im Uebrigen wie oben, nur empfiehlt es sich, das Wasser nicht abzusaugen, sondern, nachdem der Tropfen Glycerin neben das Deckgläschen gelegt, das Präparat über Nacht liegen zu lassen; alsdann verdunstet das Wasser von selbst und in demselben Maasse tritt das Glycerin von der anderen Seite unter das Deckglas. Bei Durchsaugen wird das Pulver leicht auf eine Stelle zusammengezogen und bleibt nicht vertheilt.

Die Vergleichspräparate zu kaufen, empfiehlt sich nicht, so vollkommen dieselben auch jetzt im Handel zu haben sind; denn abgesehen davon, dass man beim Präpariren schon das Object kennen lernt, besitzen die gekauften Präparate doch für jeden exacten Forscher niemals die Beweiskraft selbstgefertigter. Besonders in gerichtlichen Fällen wird man sich nie auf sie verlassen.

---

[1]) 1 Gelatine, 6 Wasser, 7 Glycerin. Dem fertig geschmolzenen Gemisch setzt man etwas Carbolsäure zu (KAISER).

Will man ein Präparat nur einige Tage aufheben, so wird man es nicht mit Lack verschliessen, sondern entweder unter einer feuchten Glocke (Glasglocke über einen Teller gestülpt, der eine Wasserschicht enthält), oder nach Zusatz eines Tropfens Glycerin auch freiliegend aufheben. Man muss es aber entweder auf einem aufgeklebten gummirten Blättchen oder mit dem auf Glas vortrefflich schreibenden Oel- oder Hautstiften signiren.

Nicht selten kommt es vor, namentlich bei Präparirung lufthaltiger Gewebe (z. B. beim Kork, Holzgewebe, reichdurchlüfteten Blättern), dass in den Zellen oder Intercellularen noch Luft zurückgehalten wird, auch wenn man den Schnitt in Wasser gelegt hat. Dieselbe ist bei der Beobachtung sehr störend und mindert oft die Deutlichkeit, da der Brechungsindex der Luft von dem des Wassers differirt und Luftblasen in Folge Totalreflexion der Randpartie stets schwarz umrändert erscheinen. [1]) Wo dies der Inhalt der Zellen erlaubt, entfernt man sie dadurch, dass man den Schnitt kurze Zeit in Alkohol überträgt. Derselbe verdrängt Luft leichter als Wasser und viel leichter als Glycerin. Liegen luftführende Schnitte lange Zeit in Glycerin (z. B. bei Dauerpräparaten), so löst sich bisweilen im Laufe der Zeit die Luft in der Einlegeflüssigkeit, und die Präparate gewinnen an Deutlichkeit.

Eine für den Anfänger sehr zu empfehlende Methode, gut beobachten zu lernen, ist die, das Gesehene durch eine Zeichnung zu reproduciren. Ich lasse daher in meinen mikroskopischen Uebungen seit vielen Jahren schon von der ersten Stunde an Alles das von den Praktikanten zeichnen, was sie an dem Object zu sehen haben. Da die meisten nicht eben gute Zeichner sind, so macht dies im Anfange einige Schwierigkeit, aber bald ist der schwere Anfang überwunden, und alle sehen ein, dass man besser und genauer beobachtet, wenn man das Gesehene reproduciren muss; ganz abgesehen davon, dass das Herstellen einer bleibenden Zeichnung einen nicht zu unterschätzenden didaktischen Werth besitzt. Denn man kann sich an der Hand der Skizze viel besser mit dem Beobachter verständigen, als ohne diese.

Handelt es sich darum, Zeichnungen herzustellen, deren Verhältnisse genau sein müssen, besonders was Grösse der Zellen, Dicke der Wand etc. betrifft, so kann man den Zeichenapparat zu Hilfe nehmen. Auch hier ist der einfachste der beste. Das Zeiss'sche Zeichenprisma leistet mir überall gute Dienste. [2]) Es wird auf den Tubus geschoben, nachdem das Ocular entfernt ist, das Ocular aufgesetzt und das Prisma so über das Ocular gedreht, dass man beim Hineinschauen zu gleicher Zeit das mikroskopische Bild und das Papier sieht. Letzteres muss in der Höhe des Objecttisches auf einer Reisbrettfläche befestigt werden, die den gleichen Neigungswinkel wie das Prisma besitzt. Führt man jetzt die Bleifeder über das Papier, so sieht man die Bleistiftspitze deutlich auf der Papierfläche zugleich mit dem, auf letztere projicirten, mikroskopischen Bilde und kann daher mit derselben an den Conturen des Bildes entlang fahren. Die so entworfene flüchtige Skizze wird alsdann ohne Zeichenapparat nach dem mikroskopischen Bilde genau ausgeführt, mit der Vergrösserungsziffer des verwendeten Systems versehen, signirt, numerirt und mit erläuternden Notizen (über Herkunft des Untersuchungsobjectes, eventuell vorgenommene mikrochemische Reactionen etc.) versehen, der Skizzenmappe einverleibt. Solche Skizzen sind werthvoller als lange Journalnotizen und rangiren gleich hinter dem Originalpräparate selbst.

---

[1]) Dadurch sind dieselben leicht z. B. von Oeltropfen zu unterscheiden, die im Wasser hellgerandert erscheinen.

[2]) Andere ziehen die Oberhäuser'sche Camera vor. Bezüglich dieser und anderer Zeichenapparate vergl. Behrens a. a. O. S. 87.

Die Mikrophotographie[1]) findet in der angewandten Pflanzenanatomie eine sehr beschränkte Anwendung, doch ist sie zum correcten Reproduciren von Bacterien, Kieselguhr u. ähnl. wohl zu verwenden. Für die Histologie, besonders für die der Nahrungsmittel und für pflanzliche Pulver ist die Mikrophotographie jedoch vollständig entbehrlich, ja, wie mich zahlreiche Erfahrungen lehren, nicht einmal brauchbar.

Die in dem Folgenden zu tractirende Disciplin habe ich mit dem Namen angewandte Pflanzenanatomie[2]) belegt, um damit anzudeuten, dass in ihr nur anatomische Fragen erörtert werden sollen, welche in irgend einer Beziehung zur Praxis stehen. Im Uebrigen steht natürlich auch die angewandte Anatomie vollständig auf dem Boden der reinen, sie gliedert sich in eine Zellenlehre und eine Gewebelehre (Histiologie)[3]) und macht sich, genau wie die angewandte Chemie die der reinen Chemie, in jeder Beziehung die Forschungen der reinen Anatomie zu Nutze; doch steht bei ihr die morphologische[4]) Seite im weitesten Sinne im Vordergrund, da die anatomischen Verhältnisse der Zellen und Gewebe in der Praxis nur zu diagnostischen Zwecken herangezogen werden.

Wenn ich trotzdem der Gewebelehre Haberlandt's System der physiologischen[5]) Anatomie zu Grunde lege, so mag das darin seine Erklärung finden, dass meiner Ansicht nach nur in einem derartigen Systeme — so unvollkommen es auch zur Zeit noch sein mag — die Gewebe ihren richtigen Platz erhalten; der Schüler lernt bei einer bestimmten Zellform und Zellenordnung sich etwas zu denken, Bau- und Function in Einklang zu bringen. Es soll damit durchaus nicht einer rein morphologischen oder rein entwicklungsgeschichtlichen Darstellung der Anatomie der Werth abgesprochen werden, aber Beides, Morphologie und Entwicklungsgeschichte, lässt sich sehr wohl in das physiologische System zwanglos einordnen, ohne die Uebersichtlichkeit zu gefährden; denn sehr häufig fallen die morphologischen Einheiten auch mit den physiologisch-anatomischen zusammen oder sind Theile desselben. Das Haberlandt'sche System wird in der Gewebelehre also das Skelet der Darstellung bilden, in welche ich, den Zwecken der angewandten Anatomie entsprechend, eingehende morphologische und kurze, entwicklungsgeschichtliche Daten einfügen werde.

Mehr wie in der reinen Anatomie muss in der angewandten die Zellenlehre betont werden, und dieselbe nimmt daher einen entsprechend grossen Raum ein. Hier tritt das morphologische Element noch mehr in den Vordergrund, und ich habe daher von einer Anfangs beabsichtigten physiologischen Eintheilung der Zellinhaltsstoffe ganz Abstand genommen, die ja ohnedies bei unseren jetzigen Kenntnissen noch mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen hat.

In einem vollkommenen Systeme der Anatomie werden sich Morphologie (im weiteren Sinne), Entwicklungsgeschichte und Physiologie in allen Punkten gegenseitig zu durchdringen haben.[6])

---

[1]) Eine treffliche Anleitung zu mikrophotographischen Aufnahmen gab Jeserich in dem Büchlein: Die Mikrophotographie auf Bromsilbergelatine etc. Berlin 1888. In demselben ist leider der vortreffliche Hydrochinonentwickler nicht behandelt.

[2]) Von ἀνατέμνειν, zerschneiden, seciren (siehe S. 5).

[3]) Von ἱστίον, Gewebe.

[4]) Von μορφή, Gestalt.

[5]) Von φύσις, natürliche Beschaffenheit; φυσιολογία, die Lehre von der Natur, speciell der Lebenserscheinungen.

[6]) In Haberlandt's physiologischer Anatomie geschieht dies, soweit es unsere jetzigen Kenntnisse erlauben, und auch durch Sachs' Vorlesungen über Pflanzenphysiologie (Leipzig 1882) zieht sich diese Erkenntniss als einer der leitenden Gedanken.

Die mikrochemischen Reagentien und Tinctionsmittel.[1])

In der angewandten Pflanzenanatomie spielen, wie in der reinen, die mikrochemischen Reagentien eine grosse Rolle: man bedient sich ihrer, um über die chemische Natur der Zellinhaltsbestandtheile und der Membranen unter dem Mikroskope sich Klarheit zu verschaffen, und erst seitdem sie allgemeineren Eingang gefunden haben, ist die angewandte Anatomie von einer Beschreibung der Zellformen und des Zellnetzes zu der Kenntniss des viel wichtigeren Zellinhaltes vorgeschritten. Denn darüber kann kein Zweifel sein, dass letzterer eine viel grössere Bedeutung besitzt, finden sich doch vorwiegend in ihm die „wirksamen Bestandtheile", und so wichtig auch die Morphologie der Zellen und Topographie der Gewebe in diagnostischer Beziehung ist, so ist doch der Zellinhalt, wie für den Haushalt der Pflanze, so auch für den Anatomen das wichtigere.

Berg kannte vom Zellinhalt eigentlich nur die Stärkekörner, alle übrigen Zellinhaltsbestandtheile wurden von ihm entweder unrichtig beschrieben oder ganz übergangen.

Die Anwendung der mikrochemischen Reagentien ist die denkbar einfachste. Man stellt die Zelle, deren Membran oder Inhalt man prüfen will, mit dem Mikroskope ein und bringt mit einem Glasstab einen Tropfen des Reagens so neben das Deckglas, dass er langsam hinzufliesst. Sobald das Reagens die Zelle erreicht hat, was eventuell durch langsames Saugen mit einem Stückchen Filtrirpapier an der entgegengesetzten Seite des Deckgläschens beschleunigt werden kann, tritt die Reaction ein, und man kann den Verlauf derselben bis in seine Einzelheiten verfolgen. Durch diese Methode ist man also im Stande, selbst an ausserordentlich kleinen Objecten, Körnchen oder Membranfetzen, Reactionen hervorzubringen und so gewissermassen eine qualitative Analyse der Zell- und Gewebselemente unter dem Mikroskope vorzunehmen.

Der Mikroskopiker hält sich daher auf seinem Arbeitstische die wichtigsten Reagentien in kleinen 30 Grm. fassenden Fläschchen auf niedriger Etagere allezeit zur Hand.

I. Säuren.

a) Schwefelsäure. Dieselbe wird meist in concentrirter Form verwendet. Sie löst Cellulosemembranen leicht unter Verwandlung in Amyloid, verholzte langsamer, Cuticula, Kork und Intercellularsubstanz, sowie humificirte und mit Phlobaphenen und and. imprägnirte Membranen nicht. Stärke und Aleuron wird leicht gelöst, Plasma nur selten (meist wird es nur körnig), Chlorophyllkörner lösen sich unter Blaufärbung (Phyllocyanin), Oel bleibt ungelöst und fliesst zu grösseren Tropfen zusammen, Calkoxalat wird in Gypsnadeln übergeführt.

Nach vorheriger Behandlung der Schnitte mit Jod wird die Cellulosemembran durch Schwefelsäure in eine blaue Gallerte übergeführt (Amyloidreaction).[2])

Nach vorheriger Behandlung mit Rohrzuckerlösung wird Plasma durch Schwefelsäure rosenroth gefärbt (Raspail's Reaction). Junges Plasma wird auch ohne Zuckerzusatz oft roth.

Verdünnte Schwefelsäure (1:3)[3]) bringt Membran und Inhalts-

[1]) Eine sehr brauchbare kurze Zusammenstellung der mikrochemischen Reagentien gab Poulsen, Botanische Mikrochemie. Deutsch v. C. Müller. Cassel 1881. Ausführlicheres findet sich in Behrens, Hilfsbuch zur Ausführ. mikroskop. Untersuch. Braunschweig 1883; in beiden ist die einschlägige Literatur sorgfältig zusammengestellt. Vergl. auch Gierke, Zeitschr. f. wissensch. Mikroskopie I.; Dippel, Mikroskop; Nägeli-Schwendener, Mikroskop; Flückiger-Tschirch, Grundlagen der Pharmakognosie, Berlin 1885; Tschirch, Mikrochem. Reagentien im Dienste der technischen Mikroskopie. Arch. d. Pharm. 1882, S. 801.

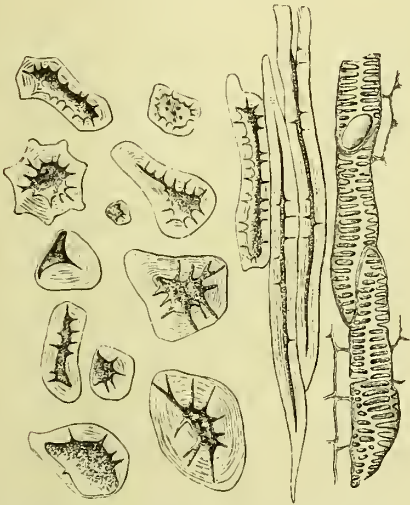
[2]) Mit Schwefelsäure behandeltes Cellulosepapier (Pergamentpapier) wird daher mit Jod blau.

[3]) Die verdünnten Säuren für mikroskopische Zwecke auf titrimetrischem Wege herzustellen oder zu prüfen, wie Behrens vorschlägt, ist für unsere Zwecke gänzlich überflüssig, ebenso wird es Niemandem einfallen, sich zu mikrochemischen Zwecken Jod, Salmiakgeist oder Eisenchlorid selbst darzustellen, wie Behrens gleichfalls vorschlägt.

stoffe zum Quellen, löst Carbonate (in den Cystolithen) unter Kohlensäureentwicklung und dient als Zusatz bei der Anilin- und Indolreaction auf verholzte Membranen.

b) Salzsäure wird in concentrirter und mässig verdünnter (1 : 2 und 1 : 3) Form angewendet, eine rauchende Säure greift die Objective an, wird daher vermieden. Concentrirte Salzsäure hellt die Gewebe auf, da mannigfache Lösungen und Quellungen eintreten. Concentrirte Salzsäure bringt Cellulosemembrane, Stärke u. and. zum Quellen, verdünnte nur langsam. Alle Chromatophoren und der Zellkern quellen in letzterer stark, ihre Structur wird zerstört. In phloroglucinhaltigen Geweben, die verholzte Zellen enthalten, bringt Salzsäure an letzteren vom Rande beginnende Rothfärbung hervor. Phloroglucin und concentrirte Salzsäure färbt alle verholzten Membranen kirschroth. Plasma wird oft bei längerem Liegen in der concentrirten Säure violett. Calkoxalat wird ohne Brausen glatt gelöst, das Carbonat der Cystolithen unter Kohlensäureentwicklung. Chlorophyllkörner werden in der concentrirten Säure unter starkem Quellen blau (Phyllocyanin), in verdünnte gelegt, treten nach einiger Zeit blaue Hypochlorintröpfchen oder Nadeln hervor. Die Globoïde des Aleurons lösen sich in verdünnter Säure.

Fig. 11.



Steinzellen (Sclereïden) und Gefässbündelelemente aus Nelkenstielen, durch Schultze'sche Maceration isolirt. — Vergr. 160 (Möller).

c) Salpetersäure wird selten allein verwendet. Einige Proteïnsubstanzen, sowie die Intercellularsubstanz werden durch sie bei nachheriger Behandlung mit Ammoniak gelb (Xanthoproteïnreaction). Alle verkorkten Membranlamellen werden durch längeres Kochen mit concentrirter Salpetersäure in rundliche, körnige, in Alkohol, Aether, Chloroform lösliche Massen von Cerinsäure übergeführt. Stärke wird unter Quellung gelöst.

In Verbindung mit chlorsaurem Kali (Schultze'sche Macerationsflüssigkeit) bildet die Salpetersäure das wichtigste Mittel, die Zellen zu isoliren (vergl. S. 5 und 9), da beim Kochen mit diesem Gemisch die die Zellen gewissermassen mit einander verkittende Intercellularsubstanz gelöst wird. Man bringt Abschabsel der Droge, am besten Längsschnitte, in ein Reagensglas, setzt etwas Salpetersäure und einige Körnchen (nicht zu wenig) Kalichlorat hinzu, kocht bis die Schnitte lichtgelblich geworden sind, spült das Ganze in ein Schälchen Wasser, wäscht aus, überträgt die Schnitte auf den Objectträger und zerdrückt sie vorsichtig mit dem Deckglas: sie zerfallen alsdann in ihre einzelnen Elemente und die Zellen sind isolirt[1]) (Fig. 11). Diese Manipulation ist für Untersuchungen von Pulvern, wie überhaupt in der angewandten Pflanzenanatomie, eine der am häufigsten angewendeten. Sie hat den grossen Vorzug, dass sie nicht nur die Zellen isolirt, sondern auch Membranen und Inhalt entfärbt (vergl. auch S. 9).

d) Chromsäure ist in concentrirter Lösung ein specifisches Korkreagens, alle suberinhaltigen Membranlamellen (sowie auch die verkieselten) lösen sich nicht in ihr, alle anderen mehr weniger leicht. Verdünnte Chromsäurelösung (1 : 100) härtet (besonders in Verbindung mit Essigsäure) Plasma fast momentan, indem es dasselbe zum Erstarren bringt. Sie lässt (1 : 6) in allen undeutlich geschichteten Objecten (Membranen und Stärkekörnern) die Schichten, wenn solche vorhanden, deutlich hervortreten.

---

[1]) Man kann die ganze Operation bei einiger Vorsicht auch auf dem Objectträger selbst vornehmen.

e) Ueberosmiumsäure (oder deren Amid) wird in 1% Lösung verwendet. Man bezieht 1 Grm., im Glasrohr eingeschmolzen, wirft dasselbe in eine 100 Grm. fassende schwarze Flasche und schüttelt um, bis das Glas zerbrochen. Sie ist das specifische Fettreagens: Oel und Fett reduciren sie und werden (durch ausgeschiedenes Osmium) braun bis schwarz. Aber auch Gerbstoffe zeigen ähnliche Reaction. Plasma wird durch Osmium fast momentan gehärtet, daher wird Ueberosmiumsäure beim Studium der feineren Structur aller plasmatischen Substanzen (Plasma, Zellkern, Chromatophoren) benutzt. 9 Theile Chromsäurelösung (25%) und 1 Theil Ueberosmiumsäurelösung (1%) gemischt vereinigen Härtung und Färbung.

f) Essigsäure wird gewöhnlich als Eisessig angewendet. Calkoxalat wird von ihm nicht, Carbonat unter Brausen gelöst, Zellkerne werden durch verdünnte Essigsäure (1%) deutlich, Plasma wird fixirt. Mit Essigsäure versetzte Methylgrünlösung vereinigt Härtung und Färbung. In verdünnter Essigsäure lösen sich die Globoïde.

g) Pikrinsäure wird in gesättigter Lösung als eines der besten Härtungsmittel angewendet, nur ist sie schwer vollständig auszuwaschen, was aber erforderlich ist, wenn man z. B. nachher Färbungen machen will.

II. Alkalien.

a) Kalihydrat in Form der käuflichen $33^1/_3$% Kalilauge, deren eventueller geringer Carbonatgehalt für unsere Zwecke absolut gleichgiltig ist, ist eines der vielgebrauchtesten mikrochemischen Reagentien der angewandten Anatomie. Es dient nicht nur zum Aufhellen stärkereicher und stark gefärbter Präparate, sondern auch zur „Streckung“ geschrumpfter Membranen und Gewebe, wie sich solche fast in jeder Droge finden, da beim Eintrocknen stets mannigfache Schrumpfungen entstehen.

Am besten verwendet man verdünnte Kalilauge, selbst stark verdünnte zeigt noch die den Alkalien in hervorragendem Masse zukommende Eigenschaft, Quellungen hervorzurufen. Stärke, Chromatophoren u. and. quellen bis zur Unkenntlichkeit, Plasma wird zum Theil gelöst, jedenfalls stets stark aufgehellt, die Kristalloïde der Aleuronkörner lösen sich darin, die Globoïde nicht. An Membranen treten die Schichten oft deutlicher in verdünntem Kali hervor als sonst. Chinarindenschnitte mit verdünntem Kali erwärmt und schnell mit Wasser ausgewaschen, zeigen in allen alkaloïdführenden Zellen nadelförmige Alkaloïdausscheidungen. Andere alkaloïdhaltige Drogen verhalten sich ebenso.

Zu einigen Zwecken ist der Kalialkohol (Russow's Kalialkohol) (durch Zusatz von Alkohol zu concentrirter Kalilauge, Absetzen und Filtriren durch Glaswolle dargestellt) besser, so z. B. zum Entfärben brauner Membranen *(China, Zimmet)*.

Warme Kalilauge löst die Intercellularsubstanz (isolirt also die Zellen) und die inkrustirenden Substanzen der verholzten Zellen, so dass an letzteren nach dieser Behandlung die Cellulosereaction eintritt.

Chrysophansäure wird durch Kali purpurroth *(Rhiz. rhei)*, Gerbsäure gelb.

b) Ammoniak in wässeriger Lösung (spec. Gew. 0·960) oder *Liqu. ammon. spir.* dient, wie Kalilauge, als Aufhellungsmittel, wirkt aber weniger energisch. Zur Fortnahme der Farbe stark gefärbter Membranen gebe ich ihm den Vorzug.

III. Jodreagentien.

a) Wässerige Jodlösung wird in zwei Formen verwendet. Eine schwache Jodlösung (Jodwasser 1 : 710) bereitet man durch Uebergiessen von, zuvor mit Wasser (zur Entfernung der Jodwasserstoffsäure) gewaschenen, Jods mit Wasser; eine concentrirtere, das sogenannte Jodjodkalium, durch Auflösen von 1·0 Jod in einer Jodkaliumlösung (3 : 60). Jodjodkali wird hauptsächlich verwendet, da das Jodwasserstoffsäuresalz die Reaction, z. B. an der Stärke, vermittelt. Reines Jod färbt Stärke nicht blau, bei Anwesenheit von Jodwasserstoff aber schon eine Lösung von 1 : 500000. Alle Jodlösungen enthalten aber nach kurzer Zeit Jodwasserstoff. Amylodextrin und Gerbstoff werden durch Jodjodkali rothbraun.

b) Chlorzinkjod ist eine Auflösung von Jod in Jodkalium-Chlorzink und wird in der Weise bereitet, dass man eine concentrirte wässerige Lösung von

käuflichem Chlorzink herstellt, dieselbe mit dem zehnten Theil Wasser verdünnt und in 100 Theilen der Lösung 6·0 Jodkali und soviel Jod löst, wie sich darin löst. (Nicht zu alt werden lassen!) Cellulose wird durch Chlorzinkjod rothviolett. Stärke quillt und gibt einen blauen Kleister. Plasma wird gelb.

c) Jodtinctur, womöglich mit absolutem Alkohol dargestellt, wird selten und nur dann verwendet, wenn wässerige Lösungen Zersetzungen bewirken (Aleuron), in den gleichen Fällen benützt man

d) Jodglycerin, eine gesättigte Auflösung von Jod in Glycerin.

Die Jodreagentien gehören zu den wichtigsten mikrochemischen Reagentien, sollten aber von Rechtswegen stets nur in kleinen Mengen vorräthig gehalten und oft erneuert werden.

IV. Kalipyrochromat (gesättigte Lösung), ist ebenso wie

V. Eisenchlorid ($33^1/_3$ % Lösung), oder besser Eisenacetat, Gerbstoffreagens. Durch ersteres werden Gerbstoffe rothbraun, durch letzteres blauschwarz oder grünschwarz (Tintenreaction).

VI. Kupfersalze.

a) Kupfersulfat dient in Verbindung mit Kali als Zuckerreagens. Man legt einen nicht zu dünnen Längsschnitt in concentrirte Kupfervitriollösung, lässt ihn 1—2 Minuten darin liegen, spült mit Wasser ab und legt den Schnitt in kochende, mit demselben Gewichte verdünnte, Kalilauge. Traubenzucker und Dextrin reducirt zu körnigem, rothem Kupferoxydul, Rohrzucker wird violett, ebenso Plasma, ersterer reducirt erst nach längerem Kochen. Gerbstoff wird braunroth.

b) Kupferacetat in concentrirter wässeriger Lösung dient zum Nachweis der Terpene und Harze (FRANCHIMONT-UNVERDORBEN's Harzreaction).

c) Kupferoxydammon, am besten durch Digeriren von Kupferdrehspähnen mit Ammoniak dargestellt, löst nur die aus reiner Cellulose bestehende Membran. Das Reagens zersetzt sich besonders am Licht (aber auch durch Wasser!).

VII. Quecksilbersalze.

a) Quecksilberchlorid findet in 1—2% Lösung in Alkohol bei Untersuchung der Aleuronkörner Anwendung — es härtet dieselben, da es mit allen Eiweisskörpern in Wasser unlösliche Verbindungen bildet. Eine Lösung von 1 : 500 findet daher auch bei Plasmastudien Anwendung.

b) MILLON's Reagens (Quecksilbernitratnitrit), durch Auflösen von Quecksilber im gleichen Gewicht rauchender Salpetersäure und Verdünnen mit dem gleichen Volumen Wasser dargestellt, färbt die meisten Eiweisskörper ziegelroth. Gelindes Erwärmen befördert die Reaction.

VIII. Holzstoffreagentien.

a) Anilinsulfat und Anilinchlorid, beides in concentrirter, wässeriger, mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure angesäuerter Lösung angewendet, färbt alle verholzten Membranen strohgelb.

b) Phenol in concentrirter salzsaurer Lösung färbt verholzte Membranen grün, doch ist directe Besonnung erforderlich.

c) Phloroglucin in 1% oder schwächerer, am besten ad hoc bereiteter wässeriger Lösung, färbt bei Zusatz von concentrirter Salzsäure alle verholzten Membranen kirschroth (Xylofilinreaction).

d) Indol in 1% wässeriger Lösung erzeugt nach Zusatz von Schwefelsäure (1 : 4) kirschrothe bis violette Färbungen.

IX. Alkohol löst Harze, ätherische und einige fette Oele (Ricinusöl), härtet Membranen und Plasma, und scheidet aus Inulin-, Hesperidin- und Asparaginlösungen im Zellsaft Kristalle der betr. Stoffe aus. Absoluter Alkohol auch Zucker aus concentrirten Lösungen.

X. Aether löst Harz, Fett etc.

XI. Tinctionsmittel. Dieselben dienen besonders zum Studium der feineren Kern- und Plasmastructuren und der Bacterien. [1])

a) Anilinfarbstoffe.

1. HANSTEIN'S Anilinviolett, eine concentrirte, eventuell zu verdünnende alkoholische Lösung gleicher Theile von Fuchsin und Anilinviolett. Man legt den Schnitt entweder in die concentrirte Lösung und wäscht mit Alkohol aus, oder lässt mit der Lösung eintrocknen und wäscht aus.

2. Fuchsin in gleichen Theilen Alkohol und Wasser gelöst.

3. Methylviolett in concentrirter alkoholischer, mit Wasser nachträglich verdünnter Lösung (für Bacterien).

4. Methylgrün in mässig concentrirter alkoholischer Lösung, am besten unter Zusatz von Essigsäure (für Zellkerne).

5. Nigrosin vereinigt, in Verbindung mit Pikrinsäure, Härtung und Färbung.

6. Anilinbraun in concentrirter Lösung, ad hoc mit Wasser verdünnt.

b) Eosin in schwacher wässeriger Lösung (für Proteïnsubstanzen).

c) Hämatoxylin in 3% alkoholischer Lösung mit der Hälfte des Gewichtes einer 3% Alaunlösung versetzt (für Zellkerne).

d) Corallin in, durch Natroncarbonat alkalisirter, Lösung ist als Schleimreagens empfohlen worden, aber unbrauchbar.

e) Cochenille und Carmin.

1. Eine wässerige, mit etwas Carbolsäure des Schimmelns wegen versetzte, Cochenilleabkochung (1 : 10) mit und ohne Zusatz von Alaun oder Essigsäure (zum Fixiren), oder Abkochung von Cochenille und *Alumen ustum* je 1·0 mit 100 Wasser.

2. HARTIG'S Carminammoniak. Carmin wird mit Wasser angerührt, Ammoniak bis zur Lösung zugesetzt, eingedampft und der Rückstand in Wasser gelöst. Ein ganz ähnliches Präparat ist GERLACH'S carminsaures Ammoniak.

3. GRENACHER'S Alauncarmin ist eine 0·5—1%, unter Zusatz von 1—5% Alaun erzeugte, Carminlösung (für Zellkerne). Eine ähnliche Mischung ist TANGL'S Alauncarmin.

4. Boraxcarmin ist eine 2%, unter Zusatz von 8% Borax und etwas Alkohol erhaltene Carminlösung.

5. BEALE'S Carminlösung. 0·6 Carmin wird in 2·3 Ammoniak gelöst und die Lösung in ein Gemisch von 47·5 Glycerin, 19 absolutem Alkohol und 60 Wasser gegossen (für Plasma).

6. Pikrocarmin. 1 Grm. Carmin in 4 Grm. Ammoniak gelöst, alsdann 200 Wasser und 5 Pikrinsäure zugesetzt, umgeschüttelt, decantirt, die Lösung an der Luft eingetrocknet und aus dem Rückstand eine 2% Lösung bereitet (für Bacterien und Zellkerne). Alkohol, Pikrocarmin und Eisessig ist ein gutes Zellkernfärbemittel (MAUPAS' Kernfärbung).

f) Alkannatinctur (mit verdünntem Alkohol) oder besser Alkannawurzel in Substanz färbt, letztere bei Zusatz einiger Tropfen verdünnten Alkohols, Harze schon nach 2—3 Minuten roth.

Ueber Einlegeflüssigkeiten vergl. oben S. 20, über einige in speciellen Fällen angewendete Reagentien die betreffenden Stoffe.

---

[1]) Die Tinctionsmitttel spielen heutzutage bei der Bacterienjagd die Hauptrolle. Die meisten der bisher von medicinischer Seite beschriebenen Bacterien werden ja nur durch ihr verschiedenes Tinctionsvermögen mit diesem oder jenem Anilinfarbstoff unterschieden. Die Zahl der Tinctionsmittel ist daher, wie die der „specifischen Bacterienarten", Legion.

Wer sich in diesem Chaos zurechtfinden will, muss medicinische Werke oder die Zeitschrift für Bacterienkunde zu Rathe ziehen, den Botaniker geht dies kaum noch etwas an.

Die Zelle.

Schon in der Einleitung ist ausgeführt worden, dass der pflanzliche Körper sich aus einem oder zahlreichen Elementarorganen aufbaut, und dass wir diese mit dem Namen Zellen[1] (Plastiden, Häckel) belegen.

Einzellige Pflanzen sind solche, deren ganzer Körper nur aus einer einzigen Zelle besteht. Hierher gehören die die alkoholische Gährung hervorrufende Hefe (*Saccharomyces cerevisiae* (Fig. 12—17), die Krankheiten erzeugenden (Fig. 18), Fäulniss erregenden und chromogenen[2]) *Bacterien*, die *Diatomaceen (Bacillariaceen)*, die den Kieselguhr (Infusorienerde) bilden. Diese einzelligen Pflanzen sind so klein, dass sie nur mit stärkeren Objectiven deutlich wahrgenommen werden können. Sie sind entweder rundlich-oval (*Kugelbacterien*, *Hefe)* oder stäbchenförmig (*Bacillen)* oder fädig (*Spirillen)* oder sehr mannigfach gestaltet und oft von sehr zierlicher Form (*Diatomeen)*. Es gibt aber auch grössere einzellige Pflanzen. Sowohl die auf todten Fliegen im Wasser überall auftretende *Saprolegnia*, wie einer unserer gemeinsten Schimmelpilze, *Mucor mucedo,* besitzen einen einzelligen Vegetationskörper; trotzdem können sie schon mit blossem Auge als ein Gewirr von Fäden erkannt werden. Ja die Alge *Caulerpa* bietet sogar ein Beispiel dafür, dass eine, bisweilen mehrere Fuss hohe Pflanze, die Wurzel, Stamm und Blattorgane zu besitzen scheint, doch nur aus einer Zelle besteht, die freilich eine sehr reiche Gliederung erkennen lässt.[3])

Immerhin sind einzellige Pflanzen selten. In den höheren Pflanzengruppen kommen sie niemals vor. Dort besteht der Körper der Pflanze meist aus ausserordentlich zahlreichen Zellen, ein einziges mittelgrosses *Sennablatt* z. B. schon aus tausenden.

An den Zellen der Pflanzen können wir zwei Theile auf den ersten Blick unterscheiden: die Zellwand (Zellhaut, Zellmembran) und die Zellhöhlung oder das Lumen[4]) der Zelle und in letzterem bei allen lebenden Zellen den Zellinhalt.

Zellwand und Zellinhalt besitzen nicht gleiche Dignität für die Pflanze. Die Zellwand kann nämlich fehlen, ohne dass der Begriff der

---

[1]) Der Ausdruck Zelle wurde um 1667 von Robert Hooke eingeführt. Vergl. auch Darapsky, Zur Geschichte der Zellentheorie. Inaugural-Diss. Würzburg 1880 und oben S. 1 und 4.

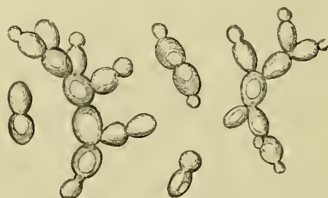
[2]) χρῶμα Farbe, γενάω erzeuge.

[3]) Sachs (Phys.-med. Gesellsch. Würzburg 1878) nennt diese Pflanzen „nicht celluläre“ oder Coeloblasten.

[4]) Lumen = Licht, Lichtung, lichte Weite.

Zelle damit vernichtet wird. Die Eizelle im Embryosacke der Angiospermen (Fig. 33), aus der der Embryo der Pflanze entsteht, ist vor erfolgter Befruchtung nackt, d. h. membranlos, auch die Schwärmsporen oder Zoosporen [1]), die Spermatozoiden [2]) und die nackten Schwärmer (Planogameten [3]) vieler Pilze und Algen sind, solange sie schwärmen, mit einer Membran nicht versehen. Stets membranlose Protoplasmakörper sind auch die Plasmodien der Schleimpilze. Immerhin gehören diese nackten oder Primordialzellen [4])

Fig. 12.



Saccharomyces ellipsoideus, in Sprossung begriffen.

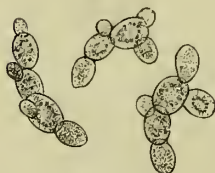
Fig. 13.



Saccharomyces apiculatus (citronenförmige Hefe).

zu den Seltenheiten, die bei Weitem überwiegende Zahl der Zellen ist mit einer Membran umgeben. Allein sie zeigen doch, dass eine Membran unter Umständen fehlen kann und zwingen uns, uns darnach umzusehen,

Fig. 14.



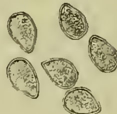
Normal wachsende Hefe.

Fig. 15.



Gährende Hefe.

Fig. 16.



Absterbende Hefe.

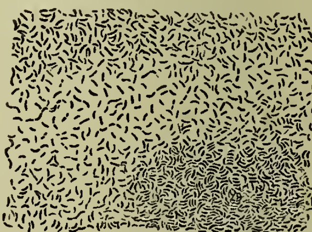
Fig. 17.



Todte Hefe (Meissl).

welches denn derjenige Theil ist, der niemals fehlen darf. Derselbe ist im Zellinhalte zu suchen, und da hat es sich denn herausgestellt, dass von den vielen Stoffen, die im Zelleninhalte vorkommen können und in der That vorkommen, nur das sogenannte Plasma oder Protoplasma [5]) keiner lebenden und entwicklungsfähigen Zelle fehlt und fehlen darf, ohne den Begriff der Zelle zu vernichten. In ihm haben wir also nicht nur den einzigen Bestandtheil der Zelle, der nothwendigerweise in jeder lebenden Zelle vorhanden sein muss, sondern auch den alleinigen Träger des Lebens innerhalb der Zelle zu suchen. So lange die Zelle lebt, d. h. sich entwickelt, theilen und wachsen kann, so lange in ihr Stoffwechselprocesse sich abspielen, muss Plasma nothwendig vorhanden sein, sobald dieses fehlt — und in fast allen alten, ausgewachsenen, nicht mehr theilungsfähigen Zellen

Fig. 18.



Koch's Cholerabacillen (Commabacillen).

---

[1]) ζῷον Thier; σπορά Sporen.
[2]) σπέρμα Same; ζῴδιος mit Thiergestalt versehen.
[3]) Von πλάνος umherirrend; γαμέτης Gatte, Ehemann.
[4]) *primordium* Anfang, Ursprung.
[5]) πρῶτον das erste; πλάσμα Gebilde. Der Ausdruck rührt von Mohl her (Bot. Zeit. 1846, S. 73).

fehlt es in der That — kann die Zelle selbstthätig nichts mehr produciren, sich nicht mehr theilen, ihre Membran nicht mehr verdicken und sich activ an den Stoffwechselprocessen nicht mehr betheiligen. Man hat diese plasmalosen, ausgewachsenen Zellen als Dauerzellen bezeichnet, im Gegensatz zu den theilungsfähigen, jungen Zellen. Sie fallen, trotzdem sie kein Plasma mehr enthalten, doch unter den Begriff der Zellen, da sie alle, wenigstens in einem früheren Entwicklungsstadium, Plasma enthalten haben.

Wir können den Begriff Zelle [1]) daher dahin definiren, dass wir unter Zelle die Elementarorgane der Pflanzen verstehen, die meist von einer Membran umgeben sind und, solange sie lebensthätig sind, Plasma enthalten.

Lebensthätig sind z. B. die Zellen im Blattgewebe, im Cambium, in den Vegetationspunkten, in krautigen Stengeln u. a.; plasmalos, also nicht weiter theilungs- und entwicklungsfähig oder nur mit einem äusserst feinen Plasmahäutchen ausgekleidet (s. weiter hinten), die meisten Zellen im Holzkörper der Laub- und Nadelholzbäume, die alter Wurzeln und der primären Rinde, die Bastzellen, Steinzellen u. a. Solche, nicht weiter entwicklungsfähige, also gewissermassen todte Zellen brauchen deshalb nicht inhaltsleer zu sein. Im Gegentheil, sie enthalten sogar oftmals reichlich Stoffe (z. B. Stärke, Farbstoffe), aber dieselben sind entweder von aussen in sie hineingewandert oder aus der Zeit, wo die Zellen noch bildungsthätig waren, übrig geblieben. Sehr viele solcher Dauerzellen enthalten aber auch Luft, z. B. viele Bastzellen, Steinzellen, Holzzellen, das Markparenchym u. a. Auch diese Zellen sind für die Pflanze nicht bedeutungslos. Sie dienen, wie wir später sehen werden, sogar sehr mannigfachen physiologischen Zwecken, allein nur gewissermassen passiv.

Uebrigens gehen nicht alle Zellen in den Dauerzustand über, die Zellen des grünen Blattgewebes z. B. bleiben, bis das Blatt abstirbt und abfällt, plasmahaltig und also auch lebensthätig, andere Zellen dagegen, z. B. die Bastzellen, gehen schon frühzeitig in den Dauerzustand über.

Das charakteristische Merkmal der Zelle, das Vorhandensein von Plasma, ist also in allen Zellen wenigstens in einem Entwicklungsstadium aufzufinden, und zwar im Jugendstadium. In diesem sind auch alle Zellen, was für eine Gestalt und Form sie auch später annehmen, und was für Inhaltsbestandtheile in ihnen auftreten mögen, gleich: mehr oder weniger abgerundete, plasmaerfüllte Bläschen.

Das Plasma, als den wichtigsten Bestandtheil, werden wir also zuerst abzuhandeln haben, dann die übrigen Zellinhaltsbestandtheile, Chlorophyll, Aleuron, Stärke, Inulin, Zucker, Calkoxalat u. a., die niemals alle zusammen in einer und derselben Zelle vorkommen. [2])

An die Betrachtung des Zellinhaltes wird sich dann die der Zellmembran anzuschliessen haben.

---

[1]) Mit der Lehre von der Zelle beschäftigen sich: Mohl, Die vegetabilische Zelle; Hofmeister, Die Pflanzenzelle, 1867; H. Schacht, Die Pflanzenzelle, 1852. Die neueren Anschauungen über die Zelle und ihre Bestandtheile hat Zimmermann, Die Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle, Breslau 1887, kurz zusammengestellt. Auch in Frank-Leunis, Synopsis, 1885, Bd. I, sind die neueren Forschungen berücksichtigt. Weniger eingehend ist die Morphologie der Zelle behandelt in de Bary, Anatomie, 1877; Sachs, Lehrbuch der Botanik u. a.

[2]) Im Grossen und Ganzen folge ich also demselben Gange, wie in den Grundlagen der Pharmakognosie. Berlin 1885.

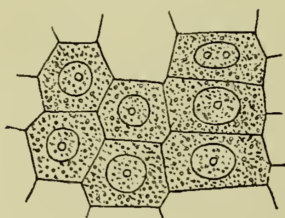
I. Zellinhalt.

Ungeformte stickstoffhaltige Zellinhaltsbestandtheile.

Protoplasma.[1])

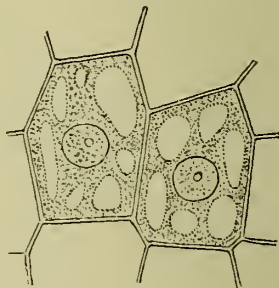
Das Protoplasma (Plasma) erfüllt als trübe halbflüssige Masse das Innere der jüngsten meristematischen[2]) Zellen, z. B. der im lebhaftesten Wachsthum und in Theilung begriffenen der Vegetationspunkte von Stamm und Wurzel, vollkommen (Fig. 19). Doch bald schon wird das Plasma schaumig und es treten, indem sich die, im Plasma vertheilten, sehr kleinen Flüssigkeitsbläschen vereinigen und zusammenfliessen, in ihm Vacuolen[3]) auf (Fig. 20), die ihren Namen jedoch mit Unrecht tragen, denn sie sind nicht leer, sondern mit farblosem Saft erfüllt. Nach und nach fliessen, je weiter die Zelle sich entwickelt, diese Vacuolen zu einem centralen Saftraum zusammen (Fig. 21), das Plasma schwindet, für die Ausbildung der Zelle verbraucht, mehr und mehr, und nun tritt ein Zustand ein, wo dasselbe nur noch eine wandständige Hautschicht (Wandbeleg, Primordialschlauch[4]) MOHL's) bildet, während das ganze übrige Innere vom Zellsaft, gewissermassen einer grossen

Fig. 19.



Plasmaerfüllte, meristematische Zellen mit Zellkern.

Fig. 20.



Meristematische Zellen mit Vacuolen und Zellkern.

Vacuole, erfüllt ist. Dies ist der Zustand, wie ihn alle, aus dem streng meristematischen Zustande heraustretenden Zellen zeigen und der bei vielen sehr lange, bei einigen (z. B. den Milchröhren, den Zellen des Palissadengewebes des Blattes) das ganze Leben der Zelle über, bei Coniferenblättern z. B. demnach jahrelang andauert, also die definitive Ausbildung der Zelle weit überdauert. Bei anderen Zellen schwindet mit der definitiven Ausbildung der Zelle das Plasma ganz oder nahezu ganz (viele Bastzellen, Tracheïden). Oftmals lässt sich aber auch in vollständig ausgebildeten und luftführenden Zellen mit Hilfe von Reagentien (Tinctionen, Contractionsmitteln) noch ein äusserst zartes Plasmahäutchen nachweisen (Haare der *Baumwolle, Hanf-* und *Leinfaser* (Fig. 22 u. 23), Tracheïden), das der Membran dicht anliegt, der letzte Rest des einst die Zelle erfüllenden Plasmakörpers.

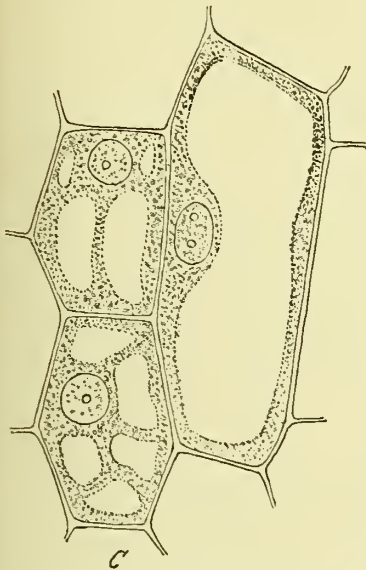
Ueberhaupt hat der Plasmaleib der Zelle das Bestreben, sich der Membran rings dicht anzuschmiegen, so dass derselbe den feinsten Sculpturirungen der Innenwand folgt und der Zellsaft nirgends mit der Membran in Berührung tritt. Dass die Plasmawandschicht wirklich ein geschlossener

---

[1]) πρῶτον der erste, πλάσμα Gebilde, das Gebildete.
[2]) Von μερίζω theilen, also theilungsfähigen.
[3]) Vacuum leer.
[4]) Primordium Anfang, Ursprung.

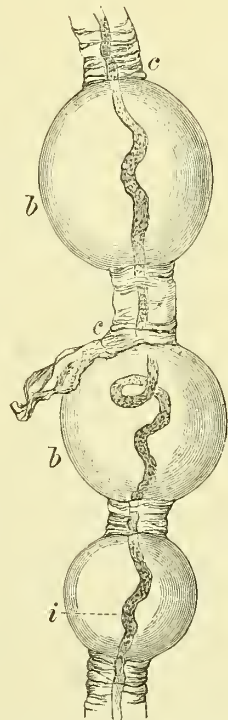
Schlauch (daher **Primordialschlauch**, **Plasmaschlauch**, **Ptychodeschlauch**, **Zellschlauch**) ist, davon kann man sich auf's leichteste dadurch überzeugen, dass man zu einer solchen Zelle ein Reagenz zufliessen lässt, welches wasseranziehend wirkt (z. B. Glycerin, concentrirte Zuckerlösung, concentrirte Chlornatriumlösung, Alkohol), das dem Zellsaft also Wasser entzieht und so eine Contraction des Schlauches bewirkt. Der Plasmaschlauch wird alsdann von der Membran abgelöst und liegt als oft unregelmässig gestalteter, aber rings geschlossener Ballen in der Mitte der Zelle (Fig. 24 *c*). Ist mit der Contraction nicht zugleich der Tod der Zelle verbunden, wie z. B. bei verdünnter Zucker- oder Kochsalzlösung, so tritt **Plasmolyse**[1]) ein, die Zelle ist plasmolysirt und kann event. bei Aufhebung der Plasmolyse wieder normal functioniren. Die Plasmolyse dient zur Feststellung des Turgors[2]) der Zelle; je grösser der letztere ist, eine um so stärkere Lösung muss angewendet werden, um Contraction zu erzielen.

Fig. 21.



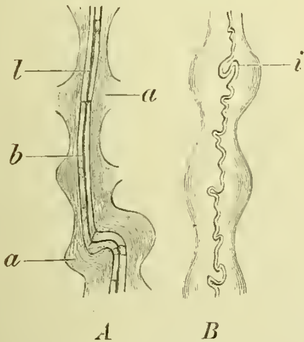
Zellen, deren Vacuolen zu einem centralen Saftraum zusammenzufliessen beginnen.

Fig. 22.



Baumwollfaser nach Behandlung mit Kupferoxydammoniak. *b* Die zu Blasen aufgequollene Zellwand, *c* die abgestreifte Cuticula, *i* Plasmaschlauch.

Fig. 23.



Flachs. Bastzellenstücke. *A* nach Behandlung mit Jod und verdünnter Schwefelsäure, *B* in Kupferoxydammoniak; *a* dunkelblauer zerfliessender Saum, *b* innere geschichtete, lichtblaue Partie, *l* Lumen, *i* Plasmaschlauch (Hanausek).

Bisweilen wandert aber nicht das gesammte Plasma an die Wand, sondern es bleibt ein feines Gerüst von **Fäden** oder **Platten** zurück, welches durch das, Zellsaft oder andere Inhaltskörper (Stärke), führende Lumen hin sich spannt und bisweilen den Zellkern, wohl gar in einer besonderen Tasche (**Kerntasche** Hanstein), einschliesst (Fruchtzellen der Schneebeere, Zellen zahlreicher Endosperme[3]), Haare etc. (Fig. 25, 26).

Das Protoplasma der Zellen bildet niemals eine Flüssigkeit, sondern entweder einen zähen Schleim (in den Zellen wachsender Pflanzentheile) oder eine wachsartig harte Masse (in dem Endosperm vieler ruhender Samen, „Hartplasma"), in der ausser Wasser, Oel und Salzen (besonders Phosphaten und Sulfaten), vornehmlich reichlich

---

[1]) πλάσμα und λύω löse, wegen des Ablösens des Plasmaschlauches von der Wand.

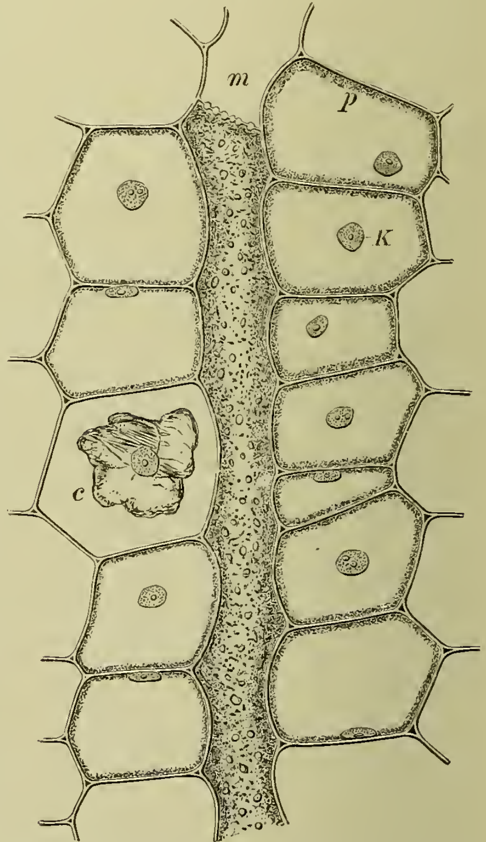
[2]) Turgere strotzen, aufgeschwollen sein.

[3]) Strasburger, Studien über das Protoplasma. Jen. Zeitschr. f. Naturwissenschaft. Bd. III, S. 410.

Eiweissstoffe (Proteïnkörper MULDER), wahrscheinlich chemisch mit den Alkalien verbunden, enthalten sind. Neben diesen kommen darin zweifellos noch mannigfache andere Stoffe vor[1], ganz abgesehen von den Einschlüssen im weiteren Sinne, so das Sinigrin und Sinalbin in den schwarzen, bez. weissen Senfsamen, das Amygdalin in den Mandeln, das Glycogen bei den Pilzen, das Cholesterin, die Fermente (Encyme) u. a.

Diese Einschlüsse sind entweder ungeformt (Metaplasma[2]) oder geformt und dann entweder plasmatischer, wie Zellkern, Chlorophyllkörner, Stärkebildner, Farbstoffkörper (gemeinsam Plastiden genannt, siehe hinten Chromatophoren) oder anderer Natur, wie Stärke, Kristalle, Gerbstoff, Oel. Letztere können im Plasmakörper jederzeit neu gebildet werden, erstere, soweit sie geformt sind, nicht, dieselben spielen im Chemismus der Zelle vielmehr eine direct active Rolle. Die zur Bildung der Zellhäute dienenden Bestandtheile des Plasmas nennt SACHS Zellstoffbildner.

Fig. 24.



Längsschnitt durch einen Milchsaftcanal mit umliegendem Parenchym aus den inneren Schalen der Zwiebel (*Allium Cepa*). *m* Milchcanal, *p* Plasmaschlauch an die Wand zurückgezogen, *K* Zellkern, *c* Plasmaschlauch sammt Zellkern durch Glycerin von der Wand abgezogen, contrahirt (Tschirch).

Aber auch der nach Abzug aller dieser Einschlüsse verbleibende Rest, das sogenannte Cytoplasma[3]) (STRASBURGER), ist keine homogene Masse, vielmehr ist in dieselbe eine Unzahl kleiner Körnchen (Mikrosomen[4]) und Flüssigkeitsbläschen eingelagert, die das ganze Plasma bis auf die körnchenfreie Rand- oder Hautschicht (Hyaloplasma[5]), PFEFFER) graukörnig erscheinen lassen (daher Körnchenplasma, Polioplasma).[6]

Jedenfalls ist auch das Hyaloplasma noch ein hoch complicirt zusammengesetzter Körper. Doch ist es immerhin bemerkenswerth, dass die hyaline Grundsubstanz, die F. SCHWARZ Cytoplastin nennt, Reagentien gegenüber sich wie ein einheitlicher Körper verhält. Das Plasma nimmt an allen Bildungsprocessen der Zelle den lebhaftesten Antheil und ist

---

[1]) REINKE (Studien über das Protoplasma. Berlin 1881) zählt 27 im Plasma von *Aethalium septicum* nachgewiesene Stoffe auf. Vergl. auch FRANK SCHWARZ, Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas. Breslau 1887.

[2]) Das Epiplasma DE BARY's (in den Sporenschläuchen der *Ascomyceten)* ist ein durch Glycogeneinlagerung verändertes Plasma (μετά inmitten, zwischen — ἐπί auf). Das Metaplasma HANSTEIN's enthält Kohlehydrate, besonders amyloïdartige Substanzen (Zellstoffbildner) gelöst, bisweilen überwiegen dieselben sogar (so bei den Colleteren). Metaplasma wird durch HANSTEIN's Anilinviolet scharlachroth.

[3]) κύτος Höhlung.

[4]) μικρός klein, σῶμα der todte und lebende Körper.

[5]) ὕαλος gleichartig, durchsichtig.

[6]) πολιός grauweisslich.

der wichtigste Stoff in der Zelle; von ihm geht die Bildung der Zellwand aus, ihm und seinen Plastiden verdanken viele andere Inhaltsbestandtheile direct oder indirect ihre Entstehung.

Lebendes Plasma reducirt alkalische Silberlösung, todtes nicht (Löw-Bokorny). Das Plasma reagirt meist alkalisch, seltener neutral, nie sauer. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass eine (alkalische) Proteïnverbindung mit den Alkalien im Plasma vorwaltet (F. Schwarz).

Es ist zweifellos, dass das Plasma aller lebensthätigen Zellen in einer dauernden Veränderung begriffen und wahrscheinlich, dass es auch fortwährend in Bewegung ist. Eine solche Bewegung ist direct nachzuweisen bei den nackten Protoplasmakörpern, sowohl den Schwärmern, als den Plasmodien; — hier ist sie eine mit Ortsänderung verbundene, entweder zitternde, im ersten, oder kriechende (Amöbenbewegung) im zweiten Falle. Ferner ist aber auch das in einer Membran eingeschlossene Plasma oftmals in einer deutlich sichtbaren Bewegung (Circulation und Rotation),

Fig. 25.



Sternhaar vom Kelch der *Althaea rosea* (Sachs).

Fig. 26.



Drüsenhaar eines jungen Blattes von *Hyoscyamus niger* (Tschirch).

so bei den Zellen der Charen, den Wurzelhaaren vieler Pflanzen und den Haaren oberirdischer Vegetationsorgane (Brennhaare von *Urtica* Fig. 32).

Nackte Plasmakörper sind die Amöben und Plasmodien der Schleimpilze, die Schwärmsporen u. A.

Die mikrochemischen Reactionen des Plasmas [1]) beziehen sich nur auf die Reactionen der Proteïnsubstanzen, die in ihm enthalten sind. Jod färbt Plasma gelb bis braun, Millon's Reagens, namentlich bei leichter Erwärmung, rosenroth bis ziegelroth. Salpetersäure, besonders nach Zusatz von

[1]) Eine sehr vollständige Uebersicht der Literatur dieses Gegenstandes findet sich in Behrens' Hilfsbuch, S. 333.

Kali, gelb bis braun (Xanthoproteïnreaction) — alle drei Reagentien geben aber auch mit anderen Substanzen die gleiche Farbenreaction, MILLON's Reagens z. B. mit Tyrosin Rothfärbung, Jod Gelbfärbung mit Glycogen u. a. Alkalische Kupferlösung färbt Plasma violett, Zucker und Schwefelsäure (RASPAIL's Reagens) roth, Indolschwefelsäure rosenroth. Farbstoffe, besonders Eosin, aber auch Anilinblau und -violet, GRENACHER's Carmin (s. S. 28) und Cochenille werden von todtem Plasma gespeichert. Kalihydrat und Ammoniak hellen Plasma auf (conc. Kali nicht), verdünnte Alkalien lösen allmälig, ebenso JAVELL'sche Lauge (NOLL), beide sind also zur „Aufhellung“ plasmareicher Objecte zu verwenden. (Bei der JAVELL'schen Lauge treten aber störende Gasblasen auf!) Essigsäure macht es trübe.

In absolutem oder siedendem Alkohol, Sublimatalkohol, Osmiumsäurelösung, Chromessigsäure, Picrinsäure erstarrt das Plasma fast momentan. Es entstehen bei den 4 letzteren unlösliche Proteïnverbindungen.

Da die Drogen in der weitaus überwiegenden Zahl, wie schon der Name sagt[1]), trocken, d. h. abgestorben sind, so findet man in ihnen auch das Plasma, wo es überhaupt vorhanden ist, meist contrahirt. Doch fand ich es der Zellwand anliegend bei zahlreichen, durch Wasser aufgeweichten, Blättern von Pflanzen trockener Klimate *(Senna)*. Das harte Plasma ruhender Samen (Hartplasma, vergl. S. 33) zeigt eine Contraction auch dann nicht, wenn der Same seine Keimkraft verloren hat.

Das Vorhandensein von Plasma in den Drogen ist durch Jod und die übrigen oben genannten Reagentien leicht nachzuweisen. Beim Behandeln mit Jod und concentrirter Schwefelsäure bleibt der zarte Plasmaschlauch von Dauerzellen (Bastfasern des Lein, Baumwollenhaare, Tracheïden) ungelöst zurück (Fig. 22 und 23).

Geformte stickstoffhaltige Zellinhaltsbestandtheile.

Der Zellkern.

Im Plasma fast aller lebenden Zellen findet sich in der Ein- oder Mehrzahl der Zellkern, Nucleus (Cytoblast[2]), SCHLEIDEN). Man kann ihn leicht auffinden im Meristem der Phanerogamen (an Stamm- und Wurzelspitze, im Cambium), in den in Theilung begriffenen Zellen der Stengel und Wurzeln, dem Speicherparenchym von Rhizomen *(Rhiz. curcum.)* den Wurzelhaaren, den Stengelhaaren (Fig. 25, 26 und 32), den Collenchymzellen[3]), in den Geleitzellen der Siebröhren, den Epidermiszellen (Fig 27, 28 und 29) und Spaltöffnungszellen, in den Zellen der Schalen der Zwiebeln (Fig. 24). Besonders gross ist er in den Meristemen (Fig. 19 und 20) Schwieriger ist es schon, ihn in den Zellen der Reservebehälter (z. B. in den Cotyledonen der Bohne, dem Perisperm des *Pfeffers*[4]) und der *Cubebe* (Fig. 30), dem Endosperm von *Ricinus communis*, Weizen und *Mais*, *Paeonia*, der sog. Kleberschicht der Getreidefrüchte[5]) (Fig. 31) und in den *Galbulis Juniperi* aufzufinden, wo er ausnahmslos vorzukommen scheint[6]), ebenso auch im Holz-

[1]) = trocken (tree im Brandenburger Dialect), vergl. Pharm. Zeit. Juni 1882, S. 335. FLÜCKIGER, Arch. d. Pharm. 1882, S. 81 und HUSEMANN, Pharm. Zeit. 1885, S. 531.

[2]) κύτος Höhlung; βλαστός Keim.

[3]) Vergl. hinten „Mechan. Gewebe“.

[4]) Ob die von mir im Pfefferperisperm aufgefundenen gestreckten, auf Hämatoxylin schwach reagirenden Körper wirklich Zellkerne sind, konnte ich sicher noch nicht feststellen. Sie weichen von der üblichen Form ab.

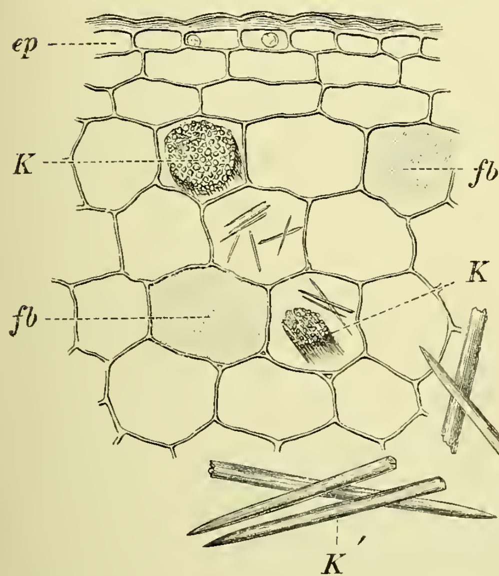
[5]) Vergl. STRASBURGER, Kleines bot. Practicum, Fig. 10, 11, 17.

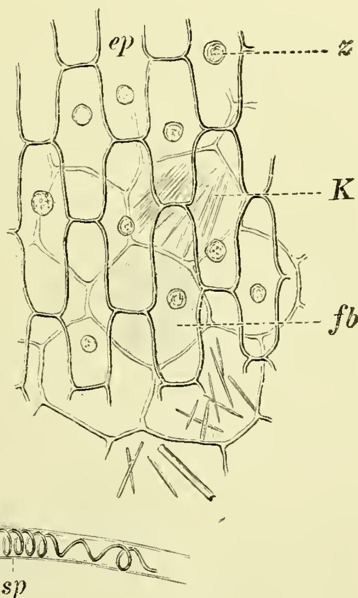
[6]) Pfeffer, Unters. über d. Proteïnkörner. Pringsh. Jahrb. VIII. STRASBURGER, Ueber Bau und Wachsthum der Zellhäute. Jena 1882. KÖPPEN, Ueber das Verhalten des Zellkerns im ruhenden Samen. Inaugural-Dissertation. Leipzig 1887.

parenchym und den Reproductionsorganen der Pilze. Mehrere Kerne in einer Zelle sind ebenfalls nicht selten. So finden sich z. B. in den Bastzellen von *Humulus Lupulus, Urtica dioica, Urtica urens* oft zahlreiche Zellkerne[1]), bei letzterer Pflanze über 200 in einer Zelle, auch in den ungegliederten Milchröhren, z. B. denen der Euphorbien *(Euph. resinifera)*, wie den gegliederten der *Cichoraceen, Papaveraceen (Papaver somniferum)*, lassen sich leicht zahlreiche Zellkerne, wenigstens nach erfolgter Tinction (s. unten), nachweisen. Auch Endospermzellen sind manchmal mehrkernig *(Coniferen)*, immer der Embryosack (Fig. 33). Aber selbst in rein vegetativen Organen findet man nicht selten viele Kerne, die Regel bildet freilich die Einzahl.

Sehr merkwürdig erscheint das Vorkommen von Zellkernen in Excretbehältern, sowohl solchen, die Gerbstoff und Harz führen, als auch solchen, in denen Kristalle, Drusen, Cystolithen, Raphiden vorkommen.[2]) Natürlich kommt ein Kern nur in wirklichen Secret z e l l e n, nicht in schizogenen oder lysigenen Gängen (siehe hinten Excretbehälter) vor.

Fig. 27.





B u l b u s S c i l l a e *(Scilla maritima)*. *II.* Querschnitt durch die Randpartie einer mittleren Zwiebelschale. *ep* Epidermis mit Zellkern *(III. z)*, *K* Raphidenbündel, *fb* Farbstoffzellen. *III.* Elemente des Pulvers. *ep* Epidermisfetzen, *sp* Spiralgefäss, *K* isolirte Raphidenstücke (V o g l).

Sobald die Zelle ihre vollkommene Ausbildung erlangt hat, also in Dauerzustand übergegangen ist, pflegen sich die Zellkerne aufzulösen. Sie sind also, wie das Plasma, auf's innigste mit den Lebensäusserungen der Zelle verknüpft. Nur bei den Siebröhren lösen sie sich manchmal schon früher. Da sich in den Zellen des Endosperms ganz regelmässig Zellkerne zu finden pflegen, so sind die Zellen desselben nicht nur einfache todte Speicher, sondern noch lebensfähig, und die Auflösung der

[1]) Treub, Sur les cellules végétales à plusieurs noyaux. Arch. Néel. XV. — Kallen, Flora. 1882. — Emil Schmidt, Ueber den Plasmakörper der gegliederten Milchröhren. Bot. Zeit. 1882.

[2]) Guignard, Note sur les noyaux des cellules des tissus sécréteurs. Bull. soc. bot. d. France. 28, S. 332. — Kallen, a. a. O. — Johow, Ueber die Zellkerne in den Secretbehältern etc. der höheren Monocotylen. Inaug.-Dissert. Bonn 1880.

Reservestoffe bei der Keimung ist daher als eine Function der Zellen selbst aufzufassen.

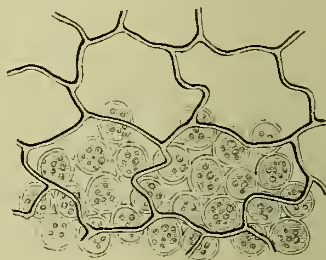
Die Gestalt des Zellkernes ist im jugendlichen Zustande die Kugel, später wird er meist scheibenförmig und nimmt auch wohl mannigfache, oft bizarre Formen an. In den Knöllchen der *Leguminosen* fand ich ihn z. B. oft gelappt.[1] Bei den stärkefreien Samen ist seine Gestalt eine regelmässige, bei den stärkehaltigen eine sehr unregelmässige (Köppen). Auch die Grösse des Zellkernes schwankt nicht unerheblich. Bei der Zwiebel von *Allium Cepa*, einer der wenigen Drogen, die frisch angewendet werden, ist der in dem Parenchym der mittleren Schalen vorkommende Kern sehr gross und scheibenförmig (Fig. 24).

Die Function des Zellkernes ist noch nicht sicher festgestellt. Bei der Zelltheilung spielt er zwar eine Rolle (Fig. 34), aber nicht die bestimmende, dagegen scheint er in Beziehung zur Membranbildung zu stehen (Klebs, Haberlandt). Bei den Samen stirbt er erst nach Auswanderung der Reservestoffe ab.

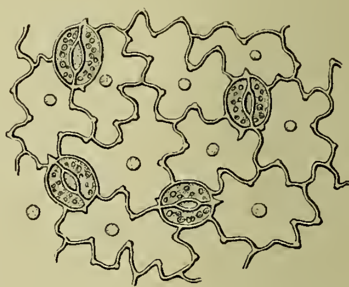
Die Structur des Zellkernes[2], die neuerdings viel untersucht wurde[3], ist oft complicirt. immer tritt das rundliche Kernkörperchen (nucleolus[4]) deutlich hervor, das für gewöhnlich in der Einzahl vorhanden ist (Fig. 19—21 und 24—33). In der Grundsubstanz kann man das feste Kerngerüst (Chromatingerüst), den dickflüssigen, die Maschen des Kerngerüstes ausfüllenden Kernsaft. die Kernmembran und bisweilen Proteïnkristalloïde als Einschlüsse wahrnehmen. Die feinere Structur ist jedoch nur an guten Objecten und mit den besten optischen Hilfsmitteln nachzuweisen, sie verräth sich jedoch schon bei schwachen Vergrösserungen durch eine feine Punktirung des Kernes (Fig. 24).

Fig. 28.

B.



C.



Fol. Aconiti Napell. Flächenschnitt durch die Blattoberseite *(B)* und die Blattunterseite *(C)*, letztere mit Spaltöffnungen und Zellkernen in den Zellen (Vogl).

Ueber die chemische Natur des Kernes wissen wir nur so viel, dass Nucleïn im Kern vorwaltet, im Nucleolus fehlt. und dass Eiweisskörper und Plastin im Kern vorkommen. F. Schwarz[5]) will dagegen folgende Stoffe im Kern unterschieden haben: Chromatin (Nucleomikrosomen), von der Kernfigur abstammend. Kugeln und Körner bildend, Pyrenin und Amphipyrenin bilden Nucleolus und Kernmembran, Linin und Paralinin sind die Stoffe der Kernfäden und der Grundsubstanz. Diese Angaben bedürfen jedoch der Bestätigung.

Wegen seines differenten Lichtbrechungsvermögens ist der Kern

---

[1]) Beiträge zur Kenntniss der Wurzelknöllchen der Leguminosen. Ber. d. deutsch. bot. Ges. V (1887).

[2]) Um die Kernstructur zu fixiren, verwendet man 1% Essigsäure, $^1/_6$—$^1/_2$% Chromsäure, Pikrinsäure, 1% Osmiumsäure oder Mischungen dieser.

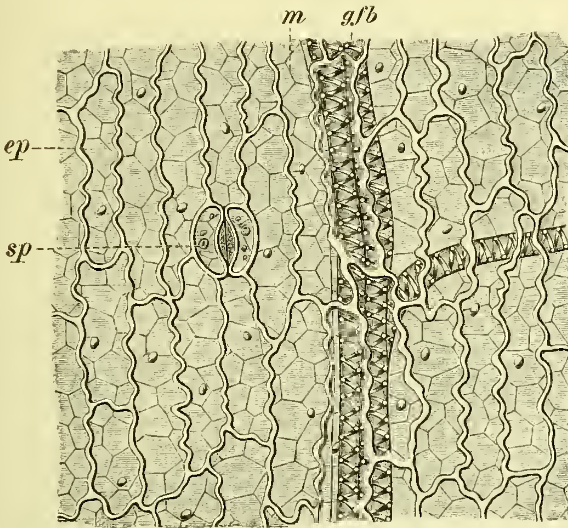
[3]) So von Flemming, Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung. Leipzig 1882. — Strasburger, in zahlreichen Abhandlungen. — Schmitz, Ueber Structur des Protoplasmas und der Zellkerne etc. Verh. d. Ver. d. preuss. Rheinl. 1880. — Guignard, Zacharias, Johow u. A.

[4]) Diminutiv von *nucleus*, Kern.

[5]) a. a. O. S. 78.

meist leicht im Plasma zu erkennen, z. B. bei der Zwiebel von *Allium Cepa* (Fig. 24), in Epidermiszellen (Fig. 27 und 28), den Zellen der Blüthenblätter (*flor. Malv. arbor.*, *flor. chamomill.*, *flor. rhoead.* Fig. 29). Schwieriger ist die Sache, wenn das Lichtbrechungsvermögen nicht sehr differirt oder die Kerne sehr klein sind (Kerne in den Milchröhren von *Euphorbia resinifera)*. Man bedient sich alsdann der Färbe- oder Tinctionsmethoden [1]), die darauf beruhen, dass Farbstoffe vom Kern, resp. von Theilen des Kernes stark gespeichert werden. Man verwendet besonders Hämatoxylin (unter Zusatz von Alaunlösung), Methylenblau, Borax-Carmin (Grenacher's Alauncarmin), Pikrocarmin, Methylgrün-Essigsäure, Eosin, Safranin, Gentianaviolet, Fuchsin u. a. [2]) Jod färbt den Kern braun, dunkler als das Plasma.

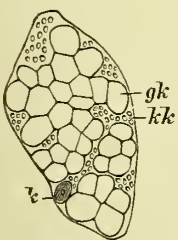
Fig. 29.



Flächenschnitt durch ein Blüthenblatt von *Papaver Rhoeas L.* *ep* Epidermiszellen mit Zellkern, *sp* Spaltöffnung, *m* Mittelschicht, *gfb* Gefässbündel (Tschirch).

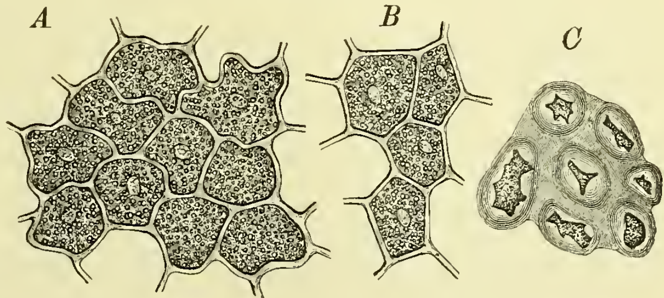
Da der Zellkern durch Wasser oft zerstört wird, härtet man das Präparat zuvor mit Pikrinsäure, absol. Alkohol, Osmiumsäure, Chromessigsäure, die vor der Tinction auszuwaschen sind (s. oben Anm.). Nigrosin-Pikrinsäure (Pfitzer) vereinigt Härtung und Färbung.

Fig. 30.



Zelle aus dem Perisperm der *Cubebe*. *gk* Grosskörner der Stärke, *kk* Kleinkörner der Stärke. (Füllstärke) *k* Zellkern. (Tschirch).

Fig. 31.



Kleberzellen aus der Weizenfrucht in der Flächenansicht mit zersetzten Aleuronkörnern und Zellkern. *A* und *B* unter Wasser, *C* in Kalilauge. — Vergr. 300 (Möller).

Mit Hilfe von diesen Tinctionsmitteln kann man Zellkerne oft noch nachweisen, die sich sonst der Beobachtung entziehen. So war mir z. B. in den Thyllen der Gefässe von *Balsamodendron*, noch an Herbar-

[1]) In die Botanik hierfür besonders von Strasburger und Schmitz eingeführt. Eine Zusammenstellung der Färbemethoden gab Gierke, Färberei zu mikroskop. Zwecken. Zeitschr. f. wissensch. Mikroskopie. 1, S. 62 und H. Plaut, Färbungsmethoden zum Nachweis der Mikroorganismen. Leipzig 1884.

[2]) Vergl. S. 28 und die Zusammenstellung in Behrens' Hilfsbuch, S. 339, dort auch die Literatur.

material, der Nachweis der Kerne möglich. Auch für die Drogen ist das oftmals möglich. Vornehmlich die Zellkerne in den Zellen der Samen sind unschwer aufzufinden, besonders nach Tinction mit Hämatoxylinalaun, so bei *Piper nigrum* und der Cubebe in den Perispermzellen, bei *Phaseolus* in den Zellen der Cotyledonen, bei *Ricinus communis* im Endosperm, ferner in den Epidermiszellen der Laub- und Blüthenblätter (Fig. 28—31).

Da alle Kerne durch Theilung schon vorhandener entstanden sind, so muss der Zelltheilung auch eine Kerntheilung vorangehen. Aber auch sonst sind die Kerne theilungsfähig. Bei der Vermehrung der Kerne tritt entweder directe Theilung (Fragmentation) oder indirecte Theilung (Karyokinese[1]) auf. Die Fragmentation erfolgt dadurch, dass der Mutterkern durch Abschnürung in zwei Tochterkerne zerlegt wird; bei der Karyokinese spielen sich tiefgreifende Umlagerungen in der Substanz des Kernes ab, die charakteristische Kerntheilungsfiguren erzeugen[2]) (Fig. 34).

Fig. 32.



Brennhaar von *Urtica urens* mit Zellkern. Die Pfeile geben die Richtung der Plasmaströme an.

Fig. 33.

Schematische Darstellung des Griffels mit der Narbe einer Angiosperme im Augenblick der Befruchtung. *o* Fruchtknoten, *p* Pollenschlauch, der aus einem der auf der Narbe liegenden Pollenkörner hervorgewachsen und durch den Griffelcanal bis zur Mikropyle *(m)* und durch diese hindurch zum Embryosack vorgedrungen ist. *k* Eizelle, daneben eine der Synergiden, *b* Gegenfüssler (Antipoden), *e* Kern im Embryosack, *n* Chalaza, *f* Funiculus, *ii* inneres, *ai* äusseres Integument (Luerssen).

---

[1]) Von κάρυον Nuss, Kern und κινέω durchwühlen, wegen der in den Kern tiefer eingreifenden Vorgänge.

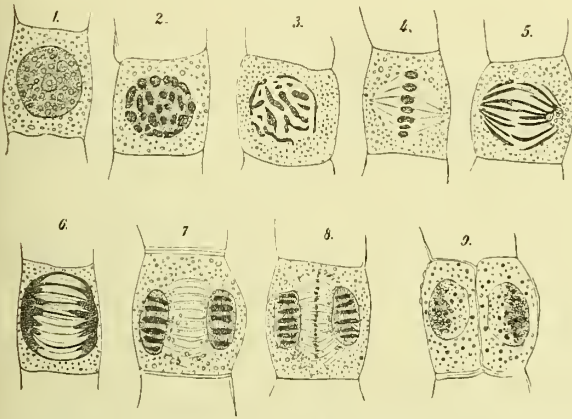
[2]) Vergl. bes. Strasburger's oben citirte Abhandlungen.

Bezüglich des stets ungeformten Asparagins vergleiche hinten unter Zellsaft.

Aleuron.

Die Form, in der Eiweisssubstanzen in den ausgesprochensten Reservebehältern, den Samen, aufgespeichert zu werden pflegen, ist nur selten und in untergeordneter Weise die des ungeformten, ruhenden oder Hartplasmas. So findet sich, besonders reichlich in den äusseren Schichten stärkehaltiger Endosperme, z. B. denen der Cerealien, zwischen den Stärkekörnern, ein oft sehr zierliches Plasmagerüst (vergl. oben unter Protoplasma), welches bei vorsichtigem Weglösen der Stärke, ohne Zuhilfenahme starker Quellungsmittel, z. B. beim Endosperm des *Mais* und dem Perisperm des *Pfeffer* als Maschennetz zurückbleibt, aber auch durch Behandeln dünner Schnitte mit starker Jodlösung deutlich gemacht werden kann. Auch der in den äusseren Stärkepartien (nicht in der Kleberschicht!) des Endosperms der Weizen-, Gerste- und Roggenfrucht enthaltene „Kleber" gehört hierher.

Fig. 34.



Theilung des Kernes durch Karyokinese und darauffolgende Theilung der Zelle. Object: Spaltöffnungsmutterzelle eines Blattes von *Iris pumila*. 1, Vor Beginn der Theilung, 2 bis 9 successive Theilungsstadien. Vergr. 800. (Strasburger aus Sachs' Vorlesungen.)

Der Kleber erhält seine ihn charakterisirenden Eigenschaften aber erst durch Behandeln mit Wasser, ist also ein Kunstproduct. In der Pflanze ist er niemals geformt.

Die häufigste Form, in der Proteïnkörper in den Samen gespeichert werden, ist die geformter Körner. Diese oft sehr reich differenzirten Körner nennt man Aleuron[1]), Klebermehl (HARTIG) oder Proteïnkörner (HOLLE), Proteïnmehl (RAUWENHOFF).[2]) Ich behalte die Bezeichnung Aleuron bei, obwohl dem Namen Proteïnkörner neuerdings der Vorzug gegeben wird, da der einmal eingebürgerte Name jede Verwechslung ausschliesst, und Niemand dabei an „Getreidemehl" denkt, die Aleuronkörner zudem meist gar nicht ausschliesslich nur aus Proteïn bestehen.

Das Aleuron scheint auf die Samen beschränkt zu sein, und ist der Stickstoffgehalt derselben zum weitaus überwiegenden Theile von ihnen bedingt. Wie viel Stickstoff aber in den Samen enthalten ist, zeigen folgende Zahlen: *Nux vomica* 11, *Cacao* 13, schwarzer Senf 18, Mandeln 24, Leinsamen 25, weisser Senf 25%.

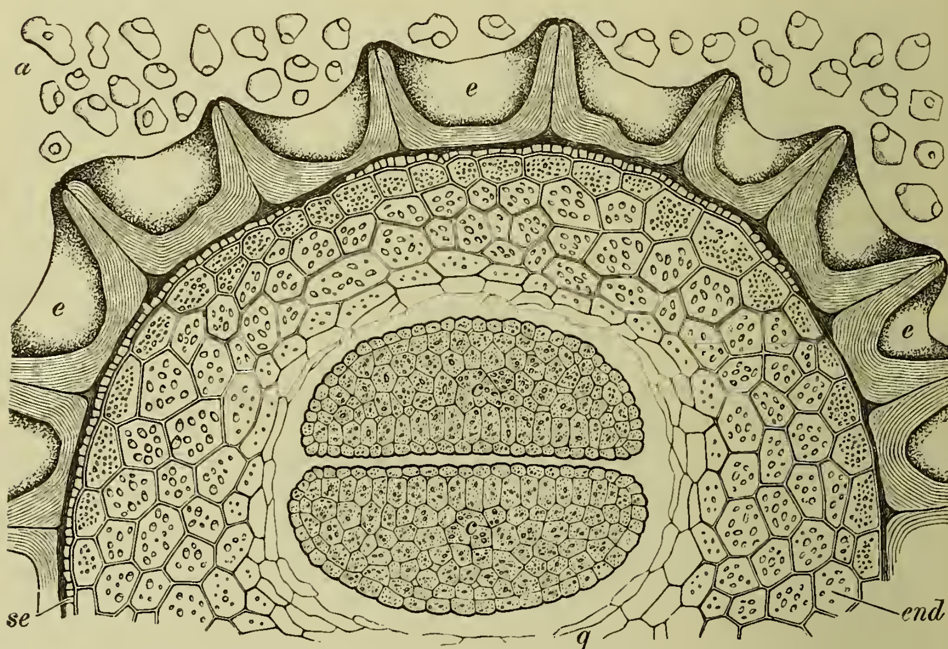
---

[1]) ἄλευρον = feines Getreidemehl, von HARTIG im Gegensatze zu ἄμυλον = Stärke gewählte Bezeichnung.

[2]) Entdeckt wurden die Aleuronkörner von HARTIG, Ueber das Klebermehl. Bot. Zeit. 1855, S. 881 und weitere Mittheilungen, das Klebermehl betreffend. Bot. Zeit. 1856, S. 257 und Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeimes Leipzig 1858, am genauesten untersucht von PFEFFER, Unters. über die Proteïnkörner etc. PRINGSH. Jahrb. VIII (1872), S. 429. — Vergl. ferner HOLLE, Neues Jahrb. f. Pharm. 1858. — TRÉCUL, Ann. sc. nat. 1858, IV. Ser., X, S. 355. — SACHS, Bot. Zeit. 1862, S. 242 und 1863, S. 56. — GRIS, Ann. sc. nat. 1864, V. Ser., II, S. 98. — Vergl. auch meinen Artikel Aleuron in der Real-Encyclopädie der ges. Pharm. Bd. I, S. 207 und BEHRENS' Literaturzusammenstellung (Hilfsbuch, S. 322).

In zahlreichen, vielleicht sogar allen Aleuron führenden Zellen ist freilich auch neben den Aleuronkörnern noch ungeformtes, viel Fett führendes Plasma vorhanden, z. B. bei *Linum, Ricinus* u. a. Dasselbe tritt aber gegenüber jenem in den Hintergrund. Besonders in ölreichen Samen ist plasmatische Grundmasse in solcher Menge vorhanden, dass sie als deutliches Maschennetz zurückbleibt, wenn man durch geeignete Lösungsmittel die Aleuronkörner entfernt oder die Grundmasse gerinnen lässt (Osmiumsäure). Im Samen kommt Aleuron sowohl in dem Endosperm *(Ricinus, Strychnos, Myristica, Palmen, Umbelliferen)* neben Schleim in den Schleimendospermen (vergl. Reservebehälter), als auch in den Cotyledonen *(Leguminosen, Cacao)*, meist in beiden vor. Wo das Endosperm grosse Aleuronkörner enthält, pflegen Cotyledonen und Radicula kleinere Körner zu enthalten *(Hyoscyamus, Ricinus, Capsicum, Croton)* (Fig. 35).

Fig. 35.



Querschnitt durch das Cotyledonarende des Samens von *Hyoscyamus niger*.
a Aleuronkörner isolirt, *e* Epidermis, *end* Endosperm, *q* Quellgewebe, *c* Cotyledonen (Tschirch).

Sehr oft ist andererseits auch die Epidermis von Cotyledonen und Radicula mit sehr kleinen Körnern erfüllt, während das übrige Embryonalgewebe grosse, globoïdführende Körner enthält (sehr schön bei *Sesamum*). Nur bei den Buchencotyledonen ist das Umgekehrte der Fall. Hier enthält jede Epidermiszelle einen grossen rundlichen Solitär.

Auch die Randschichten des Endosperms enthalten meist kleinere Körner als das übrige Endospermgewebe *(Hyoscyamus* [Fig. 35] *Nux vomica)*, auch pflegt die Grössenabnahme oft mit einer Gestaltsveränderung verbunden zu sein. Die Grösse der Aleuronkörner schwankt ziemlich stark. Im Mittel mag sie etwa 4—12 Mik. betragen, doch kommen auch sehr viel grössere vor, bei *Elaëis* steigt sie z. B. auf 60 Mik., aber auch kleinere von 1 Mik. und weniger sind nicht eben selten. Ganz winzige finden sich in den Samen von *Capsicum annuum* und *Tamarindus indica*. Folgende Tabelle mag eine ungefähre Vorstellung von der Grösse der Aleuronkörner geben.

Längenverhältnisse der Aleuronkörner einiger Samen.

Sesamum, Radicula: 3—5 Mik., die kleinsten der Epidermis 1 bis 1·5 Mik. Cotyledonen: die grössten 5—7 Mik., die kleinsten der Epidermis 4—4·5, meist 4—5·5 Mik.

Brassica Napus, Cotyled.: die grössten meist 10—14, dann die Zelle oft ganz erfüllend, aber auch 6·5—8 Mik., selten bis 20 Mik.

Sinapis nigra, Cotyled.: (wenige in der Zelle, dieselbe aber nahezu erfüllend), die grössten 13—16 Mik., aber auch 6—8 Mik. und weniger.

Myristica surinamens, Endosp.: (meist ein Korn in jeder Zelle), 30—50 Mik.

Fagus silvatica, Cotyl.: die Solitäre der Epidermis, 19—20 Mik., sonst durchschnittlich 5—10 Mik, die kleinsten 2 und weniger.

Papaver somniferum (viele in einer Zelle), meist 5·5—6·5 Mik., selten 2—8.

Cydonia vulgaris (viele in einer Zelle), meist 5·5—6·5 Mik., selten 2—9·5.

Vitis vinifera (viele in einer Zelle), die grössten (Solitäre) 16 bis 22 Mik., die mittleren 11—14, die kleinsten 2·5—4.

Coriandrum sativ. (viele in einer Zelle), meist 4—8 Mik., selten bis 12 Mik.

Aethusa Cynapium, Endosperm: (viele in einer Zelle), die grössten (Solitäre) 8—11, die mittleren etwa 4, die kleinsten etwa 1 Mik.

Foeniculum officinale, Endosperm: die Solitäre 11—16 Mik., die übrigen meist 2·5—9·5, die kleinsten der Randpartie circa 1 Mik.

Hyoscyamus niger. Endosperm: (viele in einer Zelle), 2·5—9 Mik.

Phoenix dactylifera, Endosperm: die grössten 9·5—19 Mik., die kleinsten 1—2·5 und weniger.

Elaëis guineensis, Endosperm: die Solitäre 42—55 Mik. lang und 21—33 Mik. breit, von diesen Grössen an alle bis herab zu 2 Mik.

Areca Catechu, Endosperm: die Solitäre 25—40 Mik., die übrigen meist 5·5 bis 13·5 Mik.

Amygdalus communis, Cotyled.: 2·5—13, Solitär 16—17 Mik.

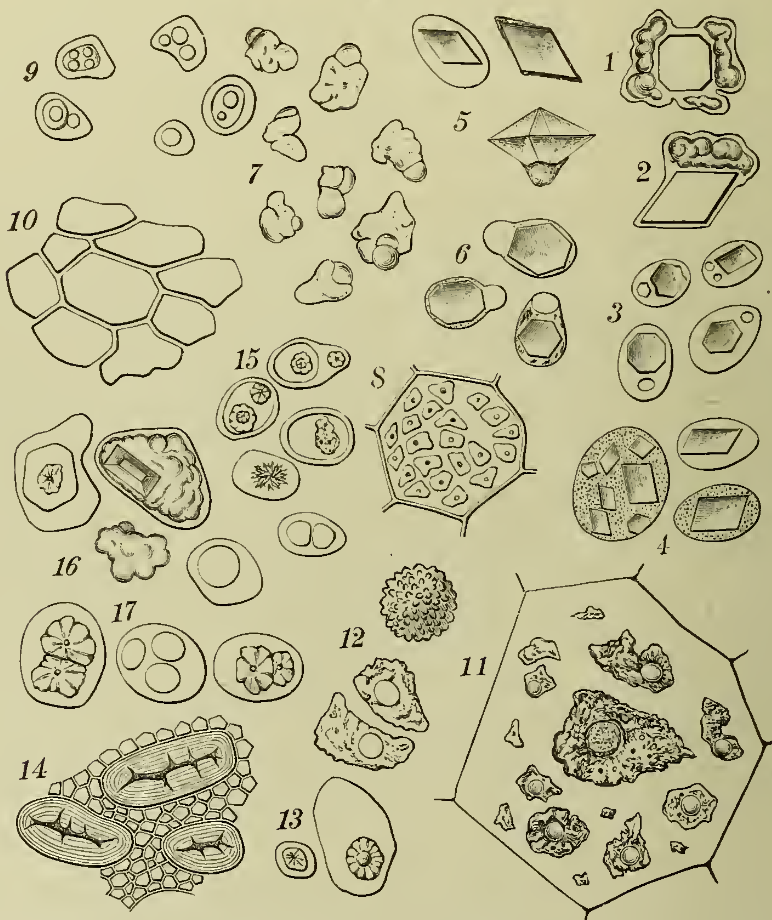
Strychnos nux vomica, Endosp.: die Solitäre der Randpartie 22—32 Mik., die schmalen gestreckten der mittleren Partien 35—49 Mik., die kleinsten 1—4 Mik.

Juglans regia (viele in einer Zelle), die gestreckten 11—12 Mik., die runden 5·5.

So mannigfaltig, wie ihre Grösse, ist auch ihre Gestalt. Sie sind rundlich, elliptisch, ellipsoidisch, oval, eiförmig, kristallartig, eckig, wulstig verbogen, barock verzerrt, fingerförmig, gestreckt *(Scorzonera hispanica)* und dabei verbogen *(Juglans regia)* oder perlschnurartig *(Gramineen)*, eingeschnürt und ausgerandet *(Nux vomica)*, citronenförmig (einige von *Elaëis)*, gelappt *(Brassica, Amygdalus, Illicium anisatum)*; doch wiegt im Allgemeinen die rundlich ovale Form vor. Die Gestalt ist selten von der Form der sie einschliessenden Zellen (innere Schichten des *Strychnos*-Samens), meist von den Einschlüssen (S. 45) abhängig, doch wird sie auch da und dort durch eigenartige Gestaltung der Hüllmasse (S. 45) bedingt, wie z. B. die zackigen Formen bei *Amygdalus*. Meist entsteht die warzige Oberfläche erst beim Eintrocknen der Samen. Die kleinsten Aleuronkörner sind stets rundlich. Nicht selten enthält selbst eine und dieselbe Zelle die mannigfachsten Formen *(Strychnos nux vomica, Areca Catechu)*, auch alle Uebergänge in der Grösse finden sich nebeneinander, meist ist jedoch die Gestalt und Grösse der Körner einer und derselben Zelle die gleiche, oder aber es ragt ein Korn durch seine Grösse hervor, während die anderen

nahezu gleichgestaltet sind *(Silybum marianum, Lupinus luteus, Myristica moschata, Vitis vinifera, Strychnos nux vomica, Areca Catechu, Elaëis guineensis, Bertholletia excelsa).* Dieses auch meistens durch seine Einschlüsse ausgezeichnete Korn hat HARTIG den Solitär genannt. Er ist in der That so charakteristisch, dass er dort, wo er vorkommt, sofort in's Auge fällt. Bisweilen sind auch zwei oder mehrere Körner in der Zelle solitärartig [1]) ausgebildet *(Foeniculum, Aethusa Cynapium).*

Fig. 36.



Aleuronkörner aus den Samen von: *1* u. *2 Bertholletia excelsa, 3. Ricinus communis* (durch Wasser zersetzt), *4 Elaëis guineensis, 5 Myristica fragrans, 6 Cannabis sativa, 7 Datura Stramonium, 8 Gossypium spec., 9* u. *10 Cydonia vulgaris, 11, 12* u. *13 Amygdalus communis, 14 Phaseolus vulgaris* (neben Stärke), *15 Coriandrum sativum, 16 Vitis vinifera, 17 Foeniculum* (Tschirch).

In weitaus der überwiegenden Anzahl der Fälle sind aber die Aleuronkörner der Samen einer und derselben Pflanze so charakteristisch, dass man ihre Gestalt genau ebenso wie die der Stärkekörner der Samen diagnostisch verwerthen kann. Ich habe sie in vielen Fällen mit bestem Erfolg zur Diagnose herbeigezogen.

Meist sind die Aleuronkörner farblos oder lichtgelblich; gelb bis

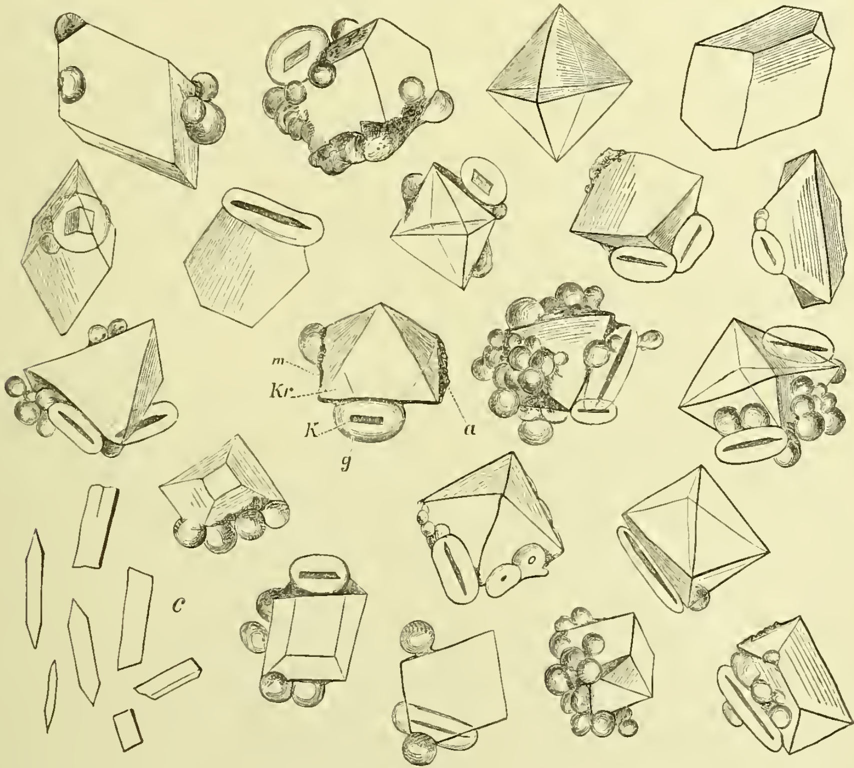
---

[1]) Damit wird eigentlich im strengsten Sinne der Name „Solitär" hinfällig. Ich behalte ihn jedoch trotzdem bei, da er einer charakteristischen Erscheinung prägnanten Ausdruck verleiht.

braunroth sind sie bisweilen bei der *Tonkobohne*, grünlich bei *Pistacia lentiscus, Salix spec.*, grün oder mit grünem Fleck (Aleuronfleck, Beck [1]) bei *Ervum*, *Vicia*, gelb bisweilen bei *Myristica* arten, *Frangula, Lupinus.* Hartig will sogar blaue und rothe beobachtet haben.

Da, wie wir alsbald sehen werden, Wasser sie zerstört, so müssen sie stets unter Oel oder Glycerin beobachtet werden. Nur wenige sind gegen Wasser resistent (wie die von *Ceratonia Siliqua, Empetrum nigrum, Cynoglossum vulgare).* Doch kann man die meisten — nicht alle — durch 24stündiges Einlegen in eine 2%ige Lösung von Sublimat (Pfeffer) oder Pikrinsäure (Zimmermann) in absolutem Alkohol härten. [2]) Auch absoluter

Fig. 37.



Aleuronkörner aus dem Endosperm von *Myristica surinamensis*. *m* Membran, *Kr* Kristalloïd, *a* Hüllmasse, *g* Globoid, *K* Calkoxalatkristall, *c* isolirte Calkoxalatkristalle (Tschirch).

Alkohol allein thut bei den resistenteren schon sehr gute Dienste und hat den Vortheil, dass wohl das stets begleitende Oel, vom Aleuronkorn aber nichts gelöst wird.

An dem Aleuronkorne kann man unterscheiden:

1. Die Membran.
2. Die Hüllmasse (Grundsubstanz).
3. Die Einschlüsse.
    a) Proteïnkristalloïde. [3])

[1]) Anatomie der Samen von Vicia und Ervum. Sitzungsber. d. Wiener Akademie. 1878, S. 545.

[2]) Durch Pikrinsäure werden die Globoïde gelöst (Zimmermann).

[3]) Diese Proteïnkristalloïde hat man früher wohl als zur Grundsubstanz gehörig gerechnet, da sie chemisch ihr nahe stehen — ich selbst habe mich dieser Ansicht angeschlossen (Real-Encyclopädie der ges. Pharm. Bd. I, S. 209) — doch erscheint es wohl consequenter, sie zu den Einschlüssen zu ziehen, wie die Proteïnkristalloïde in den Chromatophoren u. a. (vergl. auch Zimmermann, Pflanzenzelle, S. 74).

b) Globoïde.

c) Calkoxalatkristalle.

1. Die Membran der Aleuronkörner ist ein in verdünnten Alkalien und Säuren unlösliches Plasmahäutchen (PFEFFER), wie es sich um alle geformten Eiweisskörper findet. Sie ist sehr zart und dehnbar. So wird sie z. B., wenn man einen Schnitt durch die aleuronreichen *Ricinus*samen erst in Glycerin legt und dann Wasser zufliessen lässt, — wobei die Grundsubstanz der Aleuronkörner unter (Volumenzunahme gelöst, und das ganze Korn stark aufgetrieben wird, Fig. 36, *3*) — stets als weite runde Blase sichtbar, die oft das Mehrfache des ursprünglichen Umfanges erreicht hat. Dort, wo besonders grosse Kristalloïde entwickelt sind *(Myristica surinamensis)*, wird die Membran bisweilen gesprengt, und die Kristalloïde treten frei hervor (Fig. 37).

2. Die Grundsubstanz oder Hüllmasse (PFEFFER) besteht aus einer, auch nach Fixirung mit Sublimat in verdünntem Kali löslichen, in Wasser meist sehr leicht [1]) löslichen, jedenfalls durch Wasser chemisch veränderlichen [2]) Proteïnsubstanz, die nur selten von Wasser nur theilweise *(Pinus Picea)* oder gar nicht angegriffen wird *(Elaëis)*. Lässt man daher Wasser auf die Aleuronkörner einwirken, so wird die Grundsubstanz fast ausnahmslos zerstört, stets wird sie von Natriumphosphatlösung aufgelöst.

Selten besteht das ganze Korn nur aus Grundsubstanz, wie z. B. bei den kleinen, rundlich eckigen Körnern in den Zellen der Cotyledonen der *Erbse, Bohne* (Fig. 36, *14*), *Calabarbohne* und in den sogenannten Kleberzellen der Getreidesamen (*Weizen* (Fig. 38), *Roggen, Gerste, Mais*), der *Senf-* und *Faenum graecumsamen* (Fig. 39 *k*), die — lucus a non lucendo — Kleberzellen heissen, aber gar keinen Kleber enthalten. [3]) Bei den genannten *Papilionaceen* sind die, mit Stärke vergesellschaftet, in den Cotyledonenzellen auftretenden Aleuronkörner intact nur unter Glycerin zu beobachten.

Fig. 38.



Kleberzellen aus der Weizenfrucht (Tschirch).

Wasser zersetzt sie, jedoch nicht so, dass sie völlig gelöst würden, oft erkennt man sogar noch ihre Gestalt ganz leidlich. Anders die Aleuronkörner der sogenannten „Kleberschicht". Lässt man zu einem in Glycerin liegenden Querschnitte durch den Weizen oder *Senfsamen*, an dem die eckig-rundlichen Körner in der „Kleberschicht" vortrefflich hervorzutreten pflegen, Wasser zufliessen, so werden dieselben sofort gelöst [4]) (vergl. im II. Bande unter *Sem. sinapis)*. Auch bei *Amygdalus comm.* u. a. sind viele Körner nur aus der Grundsubstanz gebildet. Ja bei beiweitem der Mehrzahl der Pflanzen, wenn nicht in allen, sind sogar alle ganz kleinen Aleuronkörner, also besonders die in den Randschichten der Endosperme und in den Embryonen, einschlussfrei und nur aus der Grundsubstanz gebildet.

Der chemische Charakter der Hüllmasse ist zweifellos ein sehr verschiedener bei den einzelnen Pflanzen, wie schon aus den beiden obigen Beispielen hervorgeht, und wie besonders DE VINES nachgewiesen hat. [5]) Dies gilt, wie wir unten sehen werden, auch von den Proteïnkristalloïden,

---

[1]) Nach PFEFFER wird die Löslichkeit der Grundsubstanz in Wasser durch Anwesenheit von Kaliphosphat im Samen bedingt.

[2]) Dadurch unterscheidet sie sich von den Mikrosomen des Protoplasmas.

[3]) Unter Kleber versteht man einen Eiweisskörper, der durch Wasser in eine zähe, fadenziehende Masse übergeführt wird. Dies ist bei den in der „Kleberschicht" enthaltenen niemals der Fall. Da Oel vorwaltet, kann man die Schicht besser „Oelschicht" nennen. Möglicherweise finden sich in ihr aber auch Fermente, beim Weizen gibt der Inhalt wenigstens die Orcinreaction.

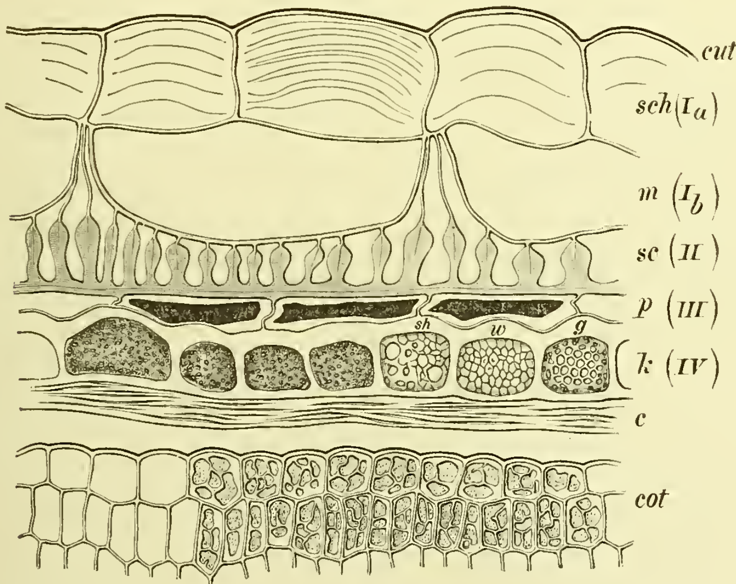
[4]) Vergl. auch JOHANNSEN, Zeitschr. f. d. ges. Brauwesen. 1887.

[5]) On the chemical composition of Aleuron Grains. Proc. Roy. Soc. Vol. 28, 30, 31.

geht aber schon aus der einfachen Betrachtung der chemischen Analysen aleuronhaltiger Samen hervor, ja selbst ein und derselbe Same kann in den Aleuronkörnern verschiedener Gewebepartien chemisch verschiedene Stoffe enthalten. So die Mandel und der Senf, deren Fermente wohl zweifellos nur in den Procambiumsträngen enthalten sind, während das übrige Gewebe die anderen Stoffe, zum Theil jedenfalls im Aleuron, führt.

Die Fälle, wo grössere Körner nur aus der Hüllmasse bestehen, sind nicht häufig *(Lupinus)*; bei ganz grossen ist dies nie der Fall, häufiger schon sind die, wo die Grundmasse gegenüber den Einschlüssen vorwaltet *(Paeonia)*, so z. B. bei vielen Aleuronkörnern, die nur kleine Globoïde enthalten *(Gossypium herbac.)*, oder wo doch die Zahl und Grösse der Globoïde im Verhältniss zur Grösse des Kornes zurücktritt (bei den kleinen Körnern von *Amygdalus)*. Noch häufiger ist der Fall, wo Grundmasse und Einschlüsse etwa zu gleichen Theilen die Masse des Kornes ausmachen *(Cydonia, Elaëis* zum Theil), und am häufigsten wohl der Fall, wo die Grundmasse

Fig. 39.



Querschnitt durch die Randpartie des Samens von *Sinapis nigra*. *cut* Cuticula, *sch (Ia)* Schleimschicht, *m (Ib)* Mittelschicht, *sc (II)* Sclereïdenschicht, *p (III)* Pigmentschicht, *k (IV)* „Kleber"-(Oel) Schicht, *c* Nährgewebe (collabirt), *cot* Cotyledonargewebe mit Aleuron erfüllt, *g, w, sh* in *k (IV)* successive Stadien der Zerstörung des Aleurons durch Wasser, (Tschirch).

gegenüber den Einschlüssen ganz zurücktritt *(Ricinus, Cannabis, Bertholletia, Foeniculum, Datura* vergl. Fig. 36). Bisweilen ist die Grundsubstanz so stark geschwunden, dass man sie am fertigen Korn gar nicht mehr oder doch nur in geringen Rudimenten nachzuweisen vermag, einen Fall, den ich bei *Myristica surinamensis*, wo er ganz besonders charakteristisch auftritt (Fig. 37), beschrieben habe[1]), der aber auch bei anderen *Myristica*arten und auch sonst vorkommt, namentlich dort, wo grosse Kristalloïde entwickelt sind.

Amorphe einschlussfreie Aleuronkörner, die also nur aus Grundmasse bestehen, sowie natürlich die Hüllmasse aller Aleuronkörner, färben sich mit Jod gelbbraun, speichern Anilinfarbstoffe (Anilinblau), färben sich durch Salpetersäure und Kali gelb (Xanthoproteïnreaction), durch Millon's Reagens ziegelroth. Kupferoxydammoniak löst sie nicht.

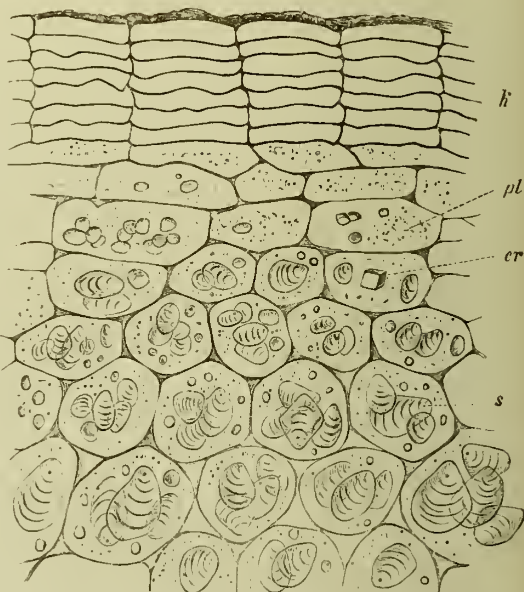
[1]) Tschirch, Ucuhuba. Archiv d. Pharm. 1887.

3. Die Einschlüsse.

a) Die Kristalloïde. Die Kristalloïde [1]) gehören (wie die Plasmamembran und die Grundsubstanz des Kornes) zu den Eiweisskörpern, werden also durch Jodlösung gelb gefärbt. Bisweilen (in den eben besprochenen Fällen bei den *Myristica*arten) bilden sie sogar, da Membran und Grundsubstanz in den Hintergrund treten, fast die Gesammtmasse der Eiweisssubstanz des Kornes (Fig. 37); meist sind sie jedoch in die Grundsubstanz eingebettet *(Elaëis, Cannabis, Ricinus, Bertholletia)*, stets auch ihrerseits von einer zarten Membran umgeben. Krystalloïde finden sich in den Aleuronkörnern vieler Samen (s. unten), z. B. in denen aller *Coniferen, Cucurbitaceen, Euphorbiaceen, Solaneen* und vieler *Palmen* (Fig. 36).

Ihre Form ist selten die so wohlausgebildeter Kristalle, dass ihre Winkel messbar wären *(Ricinus, Elaëis, Bertholletia, Myristica, Sparganium, Aethusa, Papaver)*, meist sind ihre Flächen gebogen, ihr Rand ausgezackt, ihre Ecken abgerundet, die Winkel inconstant (schwankend). Sie zeigen sich, trotzdem sie in der überwiegenden Zahl zu den positiv doppelbrechenden Systemen gehören, im polarisirten Lichte nur schwach doppelbrechend. (Gar nicht, wenn Säuren zugegen sind!) Sicher nachgewiesen [2]) sind folgende Kristallsysteme: das reguläre (holoëdrische? und tetraëdrisch-hemiëdrische) und das hexagonale (rhomboëdrisch-hemiëdrische) System (Schimper).

Fig. 40.



Querschnitt durch die Randpartie des Kartoffelknollen. *k* Kork, *pl* plasmaführende Zellen mit kleinen Stärkekörnern, *cr* Proteïnkristalloid, *s* Stärkekörner (Tschirch).

Optisch einaxige Kristalloïde von hexagonal-rhomboëdrischer Hemiëdrie finden sich bei der *Paranuss*, *Papaveraceen, Campanulaceen, Lobelia inflata, Menyanthes trifoliata, Labiaten, Scrophularineen, Solaneen*, *Aethusa Cynapium*, *Myristica surinamensis*, *Daphne Mezereum*, *Elaëis guineensis, Cocos nucifera*, *Cyperaceen, Taxus baccata, Pinus spec.* (besonders schön bei *Elaëis, Myristica, Solaneen* und *Papaveraceen)*, ferner mit anderem Axenverhältniss bei *Musaarten* und *Sparganium ramosum*.

Isotrope Kristalloïde regulär tetraëdrisch-hemiëdrischer Symmetrie finden sich bei *Ricinus commun.*, *Menispermum canadense*, *Euphorbia*, *Linum usitatissimum*, *Cucurbitaceen*, *Ruta*, *Viola*, *Passiflora*.

Die Aleuronkörner, bei denen das Kristalloïd die Membran und Hüllmasse durchbricht und frei hervortritt, bilden gewissermassen den

---

[1]) Von κρύσταλλος Kristall und εἶδος ähnlich, also kristallähnliche Gebilde (Nägeli).

[2]) Besonders durch Schimper in der Arbeit: Ueber die Kristallisation der eiweissartigen Substanzen. Zeitschr. f. Kristallographie. 1880, S. 131 und Inaugural-Dissert. Strassburg 1878. Von früheren Arbeiten sind zu nennen: Radlkofer, Ueber Kristalle proteïnartiger Körper. Leipzig 1859. Nägeli, Bot. Mittheilungen. 1862 (Sitzungsberichte d. bayr. Akademie).

Uebergang zu den freiliegenden Proteïnkristalloiden[1]) pflanzlicher Zellen, von denen die, in der peripherischen Partie des Kartoffelknollen[2]) vorkommenden die bekanntesten sind (Fig. 40 *cr*). Dieselben sind isotrop, regulär. Auch rhombische Formen scheinen vorzukommen. Solche Kristalloide ausserhalb von Aleuronkörnern finden sich selten. Bei der Kartoffel sind sie würfelförmig. Sie sind entweder gleichfalls aufgespeichertes Reservematerial (Kartoffelknollen, Algen) oder transitorische Bildungen (Kartoffeltriebe, *Mucorineen*). Auch die Kristalloide in der Paranuss und den Samen von *Myristica surinamensis* gehören hierher, da sie oft ganz oder fast ganz ohne Hüllmasse auftreten. Nur in den Solitären finden sich Kristalloide bei *Aethusa cynapium*. Die Farbstoffkristalloide im Fruchtfleisch von *Solanum americanum* gehören zu den Chromatophoren (siehe S. 62).

Die Kristalloide treten im Aleuronkorn gewöhnlich in der Einzahl auf (*Aethusa, Linum*). Doch gibt es Fälle genug, wo sich mehrere finden (*Bertholletia, Ricinus, Elaëis, Datura Stramonium, Adonis autumnalis, Myrica cerifera*). Die Grösse der Kristalloide schwankt, wie die der Aleuronkörner; bei *Elaëis* fand ich die grössten $\frac{43-60}{19-20}$ Mik, die kleinsten 4 bis 5·5 Mik gross. Bei *Linum* fand sie Lüdtke circa 10 Mik, bei *Hyoscyamus* 1–6, meist 3 Mik, bei *Ricinus* 1—7·5. meist 3 Mik. gross.

Sind mehrere Kristalloide vorhanden, so ist der Einzelkristall meist schlecht ausgebildet, man findet dann viele eckige Kristallbruchstücke im Korn, doch gibt es auch Fälle, wo die Einzelkristalle, trotzdem sie in grosser Zahl vorhanden sind, schön ausgebildet sind (*Elaëis, Areca*). Bei *Elaëis* sind oft in demselben Korn sehr grosse Kristalloide neben sehr kleinen zu finden. Lässt man Wasser zu einem solchen kristalloidreichen Korne fliessen, so wird für gewöhnlich die Hüllmasse gelöst und die Theilkristalle treten als einzelne Individuen deutlicher hervor. Hartig redet daher fälschlich von einem „Zerfall“ der Kristalloide in Wasser. Die Masse des oder der Kristalloide übertrifft meist um Vieles die Masse der Grundsubstanz.

Sehr häufig bestimmt die Form des Kristalloids allein oder in Verbindung mit anderen Einschlüssen die des ganzen Aleuronkornes, besonders dort, wo die Grundmasse ganz zurücktritt (*Myristica surinamensis*), aber auch anderwärts (*Elaëis guineensis, Linum usitatissimum, Cannabis, Arachis hypogaea, Ricinus, Bertholletia*).

Wie die Grundsubstanz, so zeigen auch die Eiweisskristalloide chemische Differenzen, die sich besonders in einer verschiedenen Löslichkeit in Säuren und Salzlösungen bemerklich machen. Die Kristalle eines und desselben Axenverhältnisses zeigen aber wohl ausnahmslos die gleichen Reactionen. Alle Kristalloide sind leicht löslich in verdünntem Kali und unlöslich in kaltem Wasser, die bei Weitem meisten löslich in Wasser von 40—50°, in 10%iger Kochsalzlösung, in verdünnten und concentrirten Säuren (Essigsäure, Salzsäure Schimper). Durch Kochen mit Wasser coaguliren sie und werden dann unlöslich.

Ueber die chemische Beschaffenheit sind wir völlig noch nicht aufgeklärt. Weyl[3]) nennt den Körper, der sie bildet, Pflanzenvitellin, nach Nägeli[4]) bestehen sie aus zwei Substanzen, deren eine in Glycerin

---

[1]) Die Literatur dieser uns hier nicht interessirenden Bildungen s. bei Zimmermann, Pflanzenzelle, S. 79.

[2]) Cohn, Journ. f. prakt. Chem. 1860.

[3]) Zeitschr. f. phys. Chemie. 1.

[4]) Bot. Mittheil. 1, S. 217.

löslich ist. Sicher stimmt ihre procentische Zusammensetzung ziemlich mit der der übrigen Eiweisssubstanzen.[1])

Sie sind quellungsfähig und steht die Quellung in gesetzmässigem Zusammenhange mit der Kristallform. Die rhomboëdrischen Kristalloide haben ihr Quellungsmaximum in der Hauptaxe und erfahren demnach beim Aufquellen Winkeländerungen (Schimper). Die Quellbarkeit und die bisweilen inconstanten Winkel unterscheiden die Eiweisskristalloide von den echten Kristallen.

Kristalloidfrei sind die Aleuronkörner bei *Colchicum, Brassica, Sesamum, Strychnos nux vomica, Phoenix dactylifera, Amygdalus, Fagus, Gossypium* und die oben genannten überhaupt einschlussfreien.

Auch dort, wo sie vorkommen, sind sie nicht immer in allen Aleuronkörnern enthalten. Bisweilen sind sie nur im Solitär zu finden.

b) Die Globoide[2]) (Weisskerne, Albine, Kranzkörper oder Globide Hartig) bilden die zweite Gruppe der Einschlüsse. Sie sind amorph, optisch-isotrop, der Regel nach rundliche, kugelwalzenförmige Gebilde; doch finden sich auch kranz- und wurmförmige *(Bertholletia)*, oder wulstige *(Vitis, Amygdalus)*, biscuit- und traubenförmige Formen. Sie bilden entweder den einzigen Einschluss des Kornes *(Gossypium, Amygdalus, Cydonia, Dattel, Brassica nigra)* und sind dann oft in grosser Zahl vorhanden *(Cruciferen, Sesamum)*, oder sie sind neben Kristalloiden und Kristallen (selten, nur bei *Myristica surinamensis)* oder einen von beiden, entweder Kristallen *(Umbelliferen)* oder Kristalloiden *(Bertholletia, Cannabis, Ricinus, Datura)* im Korn enthalten. Sind sie in der Einzahl im Korn enthalten, so liegen sie gewöhnlich als grosse Kugeln, in amorphe Grundmasse eingebettet, excentrisch im Korn *(Aethusa, Vitis, Coriandrum, Amygdalus, Foeniculum)*. Diese einzelnen Globoide können eine sehr erhebliche Grösse erreichen (bei *Vitis* z. B. 10 Mik, bei *Amygdalus* 7·5 Mik, *Oenanthe Phellandrium* 7 Mik), aber auch die mit Kristalloiden vergesellschafteten Globoide sind oft gross (bei *Ricinus* 3 Mik). Es gibt Aleuronkörner, die nur aus Globoiden bestehen.

Sind mehrere Globoide vorhanden (2—4 sind z. B. bei *Foeniculum* häufige Zahlen, 4—6 bei *Colchicum*, 7—8 bei *Sesamum*, 2—10 bei *Cydonia* Fig. 41), so theilen sie sich in den Raum. Das gilt natürlich erst recht für die Fälle, wo zahlreiche Globoide vorhanden sind (wie z. B. bei *Elaëis, Sesamum, Brassica nigra* und *Napus*, *Illicium anisatum, Sinapis alba)*. Sind sie, wie z. B. bei den Solitären von *Elaëis*, in sehr grosser Zahl vorhanden, so besitzen sie eine sehr geringe Grösse (0·5—0·9 Mik) und sind regellos durch das ganze Korn vertheilt.

Ist ein Kristalloid neben einem Globoid im Korn vorhanden, so liegt das Globoid der Regel nach excentrisch, einseitig dem Kristalloide an *(Ricinus, Cannabis)*. Sind mehrere Globoide im Korn vorhanden, so ordnen sie sich allseitig oder einseitig um das Kristalloid *(Bertholletia)* und nur in dem einen, übrigens sehr seltenen Falle, dass zahlreiche Globoide neben zahlreichen Kristalloiden angetroffen werden, sind beide regellos durcheinander vertheilt *(Elaëis, Areca)*.

Die Globoide fehlen den Aleuronkörnern nur sehr weniger Pflanzen *(Phaseolus, Cerealien)* ganz, während Kristalloide oftmals nicht entwickelt sind *(Umbelliferen*, ausser *Aethusa Cynapium* und einigen anderen), doch führen auch dort, wo Globoide häufig vorkommen, oftmals nicht alle Körner der Zelle dieselben *(Foeniculum*, *Aethusa)*. Sehr häufig enthalten

---

[1]) Dargestellt wurden die Proteïnkristalloide der Paranuss von Maschke (Bot. Zeit. 1859), Sachsse (Sitzungsber. d. naturf. Ges. Leipzig 1876), Schmiedeberg (Zeitschr. f. phys. Chem. 1), Drechsel (Journ. f. prakt. Chem. 19).

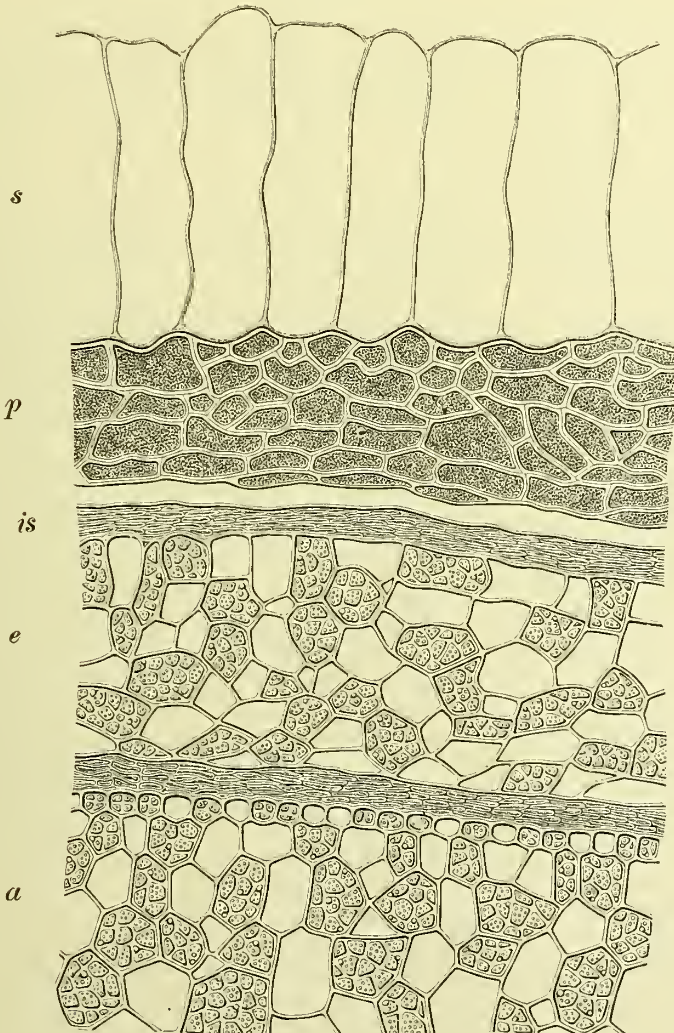
[2]) Den Namen gab ihnen Pfeffer, l. c. S. 430.

die Globoide noch Einschlüsse von Calkoxalatkristallen *(Myristica surinamensis, Coriandrum, Vitis).*

Die Masse der Globoide ist meist geringer als die der Grundsubstanz *(Sesamum)*, doch kann auch der Fall eintreten, dass letztere gegen das oder die Globoide stark zurücktritt, besonders wenn diese sehr gross sind *(Coriandrum, Aethusa, Silybum).*

Die Globoide sind indifferent gegen polarisirtes Licht und färben sich durch Jod nicht, erscheinen beim Betrachten des Schnittes unter Oel

Fig. 41.



Querschnitt durch die äussere Partie eines Quittensamens.
s Schleimepithel, *p* Pigmentschicht, *is* Nährgewebe, *e* Endosperm, *a* Cotyledon.
Das Aleuron ist nur in einigen Zellen gezeichnet (Tschirch).

wie Vacuolen und bestehen, wie PFEFFER nachwies [1]), aus einem Calk- und Magnesiumdoppelsalze einer (mit einem organischen Körper [Zucker?]) gepaarten Phosphorsäure nebst Spuren von Proteïn. Neuerdings neigt jedoch

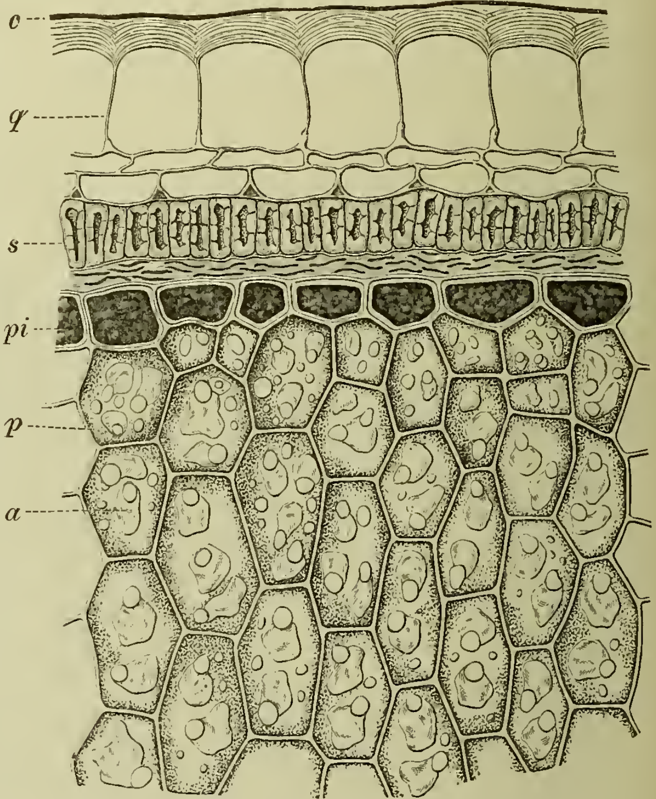
[1]) l. c. S. 472. Es ist dies das erste exact durchgeführte Beispiel einer grösseren qualitativen mikrochemischen Analyse.

Pfeffer[1]) zu der Ansicht hin, dass in den Globoiden wie in den Kristalloiden ein Magnesiavitellat enthalten sei.[2])

Sie lösen sich in verdünnten Säuren (Essigsäure, Pikrinsäure, Salzsäure, Weinsäure), nicht in verdünntem Kali. Durch letztere Reaction lassen sie sich leicht von den Kristalloiden unterscheiden. Sie sind auch unlöslich in Wasser, selbst kochendem und in Alkohol. Concentrirtes Kali zerstört sie allmälig.

c) Die Kristalle, die bisher als Einschlüsse in den Aleuronkörnern beobachtet wurden, bestehen stets aus Calciumoxalat. Sie scheinen ausnahmslos einen Kern von Proteïnsubstanz und eine zarte Membran[3]) zu besitzen. Man kann sie sich, da sie stets zu den doppelbrechenden Systemen gehören, leicht durch Anwendung des Polarisationsmikroskopes sichtbar machen: sie leuchten bei gekreuzten Nicols; auch gelingt es, sie zu isoliren, indem man an dem mit wasserfreiem Aether entfetteten Schnitte successive die Grundsubstanz durch Wasser, die Kristalloide durch verdünntes Kali und die Globoide durch verdünnte Essigsäure löst: die Kristalle bleiben alsdann unverändert übrig und können durch Salzsäure gelöst oder durch concentrirte Schwefelsäure in Gipsnadeln übergeführt werden.

Fig. 42.



Querschnitt durch die Peripherie des Samens von *Linum usitatissimum.*
q Quellschicht (im gequollenen Zustande), *c* Cuticula, *s* Steinzellenschicht, *pi* Pigmentzellen, *p* Protoplasma und Oel, *a* Aleuron.

Die Form, die sie annehmen, ist bald die von Nadeln *(Silybum)*, klinorhombischen Tafeln *(Myristica surin., Lupinus)*, oder Hendyoëdern oder — was wohl der häufigste Fall ist — Drusen *(Umbelliferen: Foeniculum, Coriandrum, Aethusa*; ferner *Amygdalus, Corylus, Vitis)*, bisweilen liegen mehrere solcher Drusen in einem Korn *(Coriandrum, Foeniculum)*.

Wo Kristalle vorkommen, finden sich auch Globoide, aber meist enthält in strenger Sonderung das eine Korn nur letztere, das andere Korn nur erstere *(Aethusa)*. Die kristallführenden Aleuronkörner pflegen in anderen Zellen zu liegen, wie die Globoid führenden. Ausnahmen finden sich da und dort *(Vitis)*.

---

[1]) Pflanzenphysiologie, S. 339.
[2]) Vergl. auch Schmiedeberg, Zeitschr. f. phys. Chemie. 1877, S. 207.
[3]) Letztere findet sich auch um jedes Kristalloid und Globoid (Pfeffer).

Man findet die Calkoxalatkristalle entweder eingeschlossen in Globoide *(Myristica surinamensis, Coriandrum, Vitis, Amygdalus)* oder der Grundsubstanz eingebettet *(Vitis, Coriandrum, Aethusa, Amygdalus).*

Selten enthält nur ein Korn der Zelle, welches nicht einmal das grösste zu sein braucht, eine oder mehrere Kristalldrusen und alle übrigen Körner derselben Zelle, Globoide. Der häufigste Fall ist freilich der, dass ein durch seine Grösse ausgezeichnetes Korn (der Solitär, s. oben) auch durch seine Einschlüsse, besonders seine Kristalleinschlüsse, hervorragt *(Aethusa, Silybum, Vitis, Amygdalus)*, jedoch gibt es andererseits auch Fälle, wo der Solitär sich nicht durch die Art seiner Einschlüsse, sondern nur durch die Grösse der letzteren von den übrigen Körnern unterscheidet *(Amygdalus).*

Der Fall ist selten, dass in derselben Zelle, neben Kristallen auch Kristalloide vorkommen. In demselben Aleuronkorn ist das nur bei *Aethusa Cynapium* wie Pfeffer, und bei *Myristica surinamensis*, wie ich gezeigt habe, der Fall. Bei letzterer Pflanze finden sich sogar merkwürdigerweise Kristalloide, Globoide, Kristalle, Grundsubstanz und Membran in demselben Korn.

Selten kommt es vor, dass neben den im Aleuron eingeschlossenen Kristallen freiliegende Nadeln oder Drusen auftreten *(Croton).*

Ungeformte Einschlüsse finden sich im Aleuron, soweit bekannt, nicht. Auch ich konnte z. B., ebensowenig wie Pfeffer, fettes Oel darin finden. Ich prüfte mit 1% Osmiumsäure.

Der Grund, warum die so charakteristischen Formen der Aleuronkörner vielfach übersehen wurden (Berg bildet in seinem Atlas z. B. in den Zellen der aleuronhaltigen Samen nur eine körnige Masse untermengt mit Globoiden ab, ebenso Vogl), liegt in dem Umstande, dass man meistens im Wasser liegende Schnitte beobachtete. Durch Wasser werden aber die Formen zerstört. Die ersten Phasen dieser Zerstörung — Abheben der Membran — zeigt Fig. 36, 3. Man verwendet als Einlegemittel am besten fettes Oel oder starkes Glycerin.[1])

Die Bildung der Aleuronkörner im Samen erfolgt erst im allerletzten Stadium des Reifens (Pfeffer). Zuerst scheiden sich die Kristalle aus, dann die Globoide und nachdem nun die Eiweisslösung der Zelle phosphorsäurearm geworden, zuerst die schwerer löslichen Kristalloide und endlich die leichtlösliche Grundmasse.

In umgekehrter Richtung geht beim Keimen des Samens die Auflösung vor sich. Zuerst wird, schon beim Einquellen der Samen, die Grundmasse, dann Kristalloid und Globoid und endlich auch, wie ich nachgewiesen habe, der Kristall gelöst[2]), letzteres aber wohl nur, wenn der Pflanze Calk mangelt, doch sah Pfeffer die Kristalle sich auch lösen, wenn der Pflanze Calk nicht mangelte *(Lupinus).*

Die Chromatophoren.[3])

Unter diesem Namen bezeichnet die neuere Terminologie nach Strasburger's und Schimper's Vorgang[4]) eine Gruppe von stets dem Protoplasma der lebenden Zelle eingebetteten (s. oben) plasmatischen Gebilden, die entweder selbst Farbstoffe enthalten, also Farbstoffträger sind, oder aus solchen sich zu bilden und wieder in Farbstoffträger zu verwandeln vermögen. Sie werden auch unter dem Namen Plastiden (Schimper),

---

[1]) Das Aleuron von *Paeonia* ist in Glycerin löslich, auch sonst löst verdünntes Glycerin bes. Grundsubstanz und Kristalloide.

[2]) Sitzungsber. d. Ges. naturf. Freunde. 1887.

[3]) χρῶμα Farbe, φέρειν tragen.

[4]) Schimper, Bot. Zeit. 1883 und Pringsh. Jahrb. XVI. — Strasburger, Studien über das Protoplasma. Jenaer Zeitschr. 1876.

Leuciten[1]) (VAN TIEGHEM) oder Trophoplasten[2]) (A. MEYER) zusammengefasst. Sie umfassen:

1. Die grün gefärbten Chlorophyllkörper oder Chloroplasten, inclusive der zugleich andere (rothe und braune) Farbstoffe enthaltenden Farbstoffkörper der *Rhodophyceen* und *Fucaceen*, die man wohl auch unter dem Namen Rhodoplasten[3]) und Phaeoplasten[4]) abgetrennt hat.

2. Die buntgefärbten Farbstoffkörper, besonders der Blüthen und Früchte, die sogenannten Chromoplasten und

3. die farblosen Chromatophoren, die sogenannten Stärkebildner oder Leucoplasten.

Alle Chromatophoren sind durch Theilung vorhandener entstanden. Durch Differenzirung im Plasma entstehen sie nie (SCHIMPER). Es sind also z. B. die Milliarden von Chlorophyllkörnern, die eine *Ricinus*pflanze enthält, durch Theilung der wenigen im Embryo des Samens schon nachweisbaren Chromatophoren entstanden.

1. Die Chlorophyllkörper.

Die Chlorophyllkörper[5]), Chloroplasten oder Chloroplastiden (SCHIMPER), Autoplasten[6]) A. MEYER[7]), Chloroleuciten (VAN TIEGHEM), Chlorophore (SCHMITZ), Chromophyllkörper (ENGELMANN), die aus einer proteïnartigen (albumin- und plastinartigen) Grundsubstanz bestehen, in welche der Farbstoff, respective das Farbstoffgemenge und andere Stoffe eingelagert sind (s. weiter unten), bedingen die grüne Farbe der Pflanzenorgane, also besonders der Blätter, Stengel, Kelche etc. und sind auch in fast allen buntgefärbten Blättern *(Amarantus, Begonia, Rübe)* enthalten. Sie werden hier nur durch den rothen Zellsaft verdeckt. Nur die rein weissgelblichen Flecke panachirter Laubblätter (Fleckenahorn) enthalten so gut wie gar keine Chlorophyllkörper. Da die Bildung des in den Chlorophyllkörpern enthaltenen Farbstoffes vom Lichte abhängig ist, so finden sich Chlorophyllkörper nicht in Pflanzen, die im Dunkeln erwachsen waren, ebenso fehlen sie in unterirdischen Pflanzentheilen und dem Innern der Samen. Hier ist nur die farblose Grundsubstanz des Chromatophors, der Leucoplast (s. S. 67), nicht der Farbstoff gebildet worden. Sonst können sie in den peripherischen Partien aller oberirdischen Organe vorkommen, z. B. auch in Fruchtschalen *(Juniperus, Rhamnus cathartica)*, der Samenschale *(Foeniculum)* u. and. Es sind aber auch Fälle bekannt, wo Chlorophyllkörper auch im Dunkeln gebildet werden. In zahlreichen Samen, die mit einer lichtundurchlässigen Schale umgeben sind *(Evonymus, Lupinus)*, ergrünen die Cotyledonen schon vor vollständiger Reife des Samens und es ist eine bekannte Erscheinung, dass *Pinus*keimlinge, auch wenn sie im Dunkeln erzogen werden, dennoch ergrünen. Ganz eigenartig verhält sich *Lupinus*. Hier sind die Cotyledonen anfangs farblos, je weiter der Samen reift, um so tiefer färben sie sich grün, indem zahlreiche kleine, scheibenförmige Chloroplasten durch Theilung vorhandener farbloser Chromatophoren (Leucoplasten) in den Zellen auftreten. Sobald der Same jedoch seine völlige Reife erlangt hat, die Flecke

---

[1]) λευκός, weiss.

[2]) τροφός. Ernährer.

[3]) ῥόδεος, rosig.

[4]) φαιός, schwärzlichbraun.

[5]) Die anatomischen Arbeiten über die Chlorophyllkörper habe ich in meiner Chlorophyllarbeit (Unters. über das Chlorophyll, S. 140 u. flgd.) zusammengestellt. Mit der Structur der Körner beschäftigten sich neuerdings namentlich SCHIMPER, A. MEYER, SCHMITZ, FROMMANN, PRINGSHEIM, F. SCHWARZ und der Verf.

[6]) αὐτός selbst.

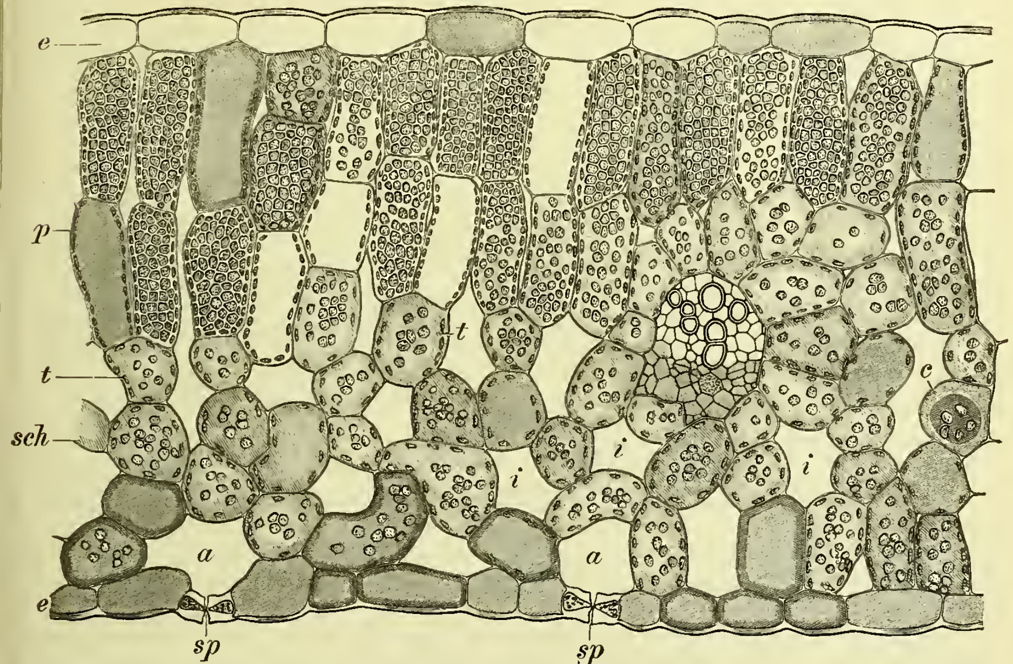
[7]) Das Chlorophyllkorn, Leipzig 1883.

auf der Oberfläche auftreten und das Nährgewebe (s. unten, Speichersystem) collabirt ist, ist der Farbstoff aus den Chloroplasten wieder verschwunden und es sind Aleuronkörner in den Zellen entstanden. Lässt man nun den Samen keimen, so ergrünen die Cotyledonen, die Schale durchbrechend, rasch von Neuem, in den farblosen Chromatophoren (Leucoplasten) entsteht wiederum der Chlorophyllfarbstoff.

Wennschon Chlorophyllkörper in allen dem Licht ausgesetzten Zellen der höheren Pflanzen entstehen können, so gibt es doch auch eine ganze Anzahl von Zellen, in denen sie nicht entstehen. So ist besonders die Epidermis der Regel nach chlorophyllfrei [1]), sie führt nur Leucoplasten. Auch die Anzahl der gebildeten Chlorophyllkörper und demnach die Tiefe der Färbung der betreffenden Organe ist eine sehr wechselnde.

Die chlorophyllfreien Schmarotzer (z. B. die *Kleeseide, Cuscuta)* enthalten so geringe Mengen, dass man ihr Vorhandensein nur auf spectral-

Fig. 43.



Querschnitt durch ein Blatt der Rübe *(Beta vulgaris)*. Die stärker schraffirten Zellen mit rothem Zellsaft, bei *c* der Inhalt einer solchen Zelle contrahirt. *e* Epidermis, *sp* Spaltöffnungen, *a* Athemhöhle, *p* Palissaden, *t* Trichterzellen, *sch* Schwammparenchym, *i* Intercellulargänge. (Tschirch.)

analytischem Wege, durch Untersuchung eines alkoholischen Extractes, feststellen konnte. Am meisten enthalten die Assimilationsorgane, besonders die Blätter (Fig. 43) und bei diesen wieder die Blattoberseite, die daher der Regel nach tiefer grün gefärbt zu sein pflegt als die Unterseite (siehe auch Assimilationssystem). Chlorophyllkörper kommen in allen Pflanzen vor, mit einziger Ausnahme der Pilze, die stets chlorophyllfrei sind, auch wenn sie am Lichte wachsen.

Die Chlorophyllkörper sind nicht homogene, gleichmässig mit Farbstoff getränkte Proteïnklümpchen, sondern mit einer Structur versehen,

---

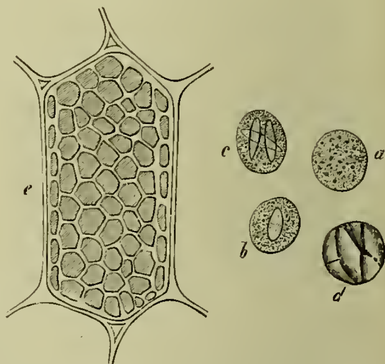
[1]) Ich fand Chlorophyllkörner in der Epidermis von *Laurus nobilis*, auch sonst sind sie bisweilen dort aufgefunden worden. Da die Epidermis Leucoplasten enthält, so ist das Auftreten von Chlorophyllkörnern daselbst nichts Auffallendes.

die sich schon bei oberflächlicher Betrachtung durch eine feine Punktirung der ganzen Oberfläche bemerkbar macht (Fig. 43, 44 *a*). Umgeben wird das ganze Korn von einer Membran. [1])

Das ausserordentlich weiche [2]), daher Gestaltungsveränderungen sehr zugängliche, schon durch Wasser zerstörbare, eiweissartige angeblich aus zwei verschiedenen Verbindungen (Chloroplastin und Metaxin [3]), F. Schwarz) bestehende Grundgerüst (Stroma) besitzt nämlich, wie freilich nur besonders günstige Objecte erkennen lassen, eine zarte Schwammstructur. Es lässt ein anastomosirendes Balkengerüst (Fibrillen anderer Autoren) mit meist unregelmässigen Maschen erkennen. In die Maschen dieses Balkengerüstes eingelagert und wahrscheinlich auch die Balken überziehend, findet sich das Farbstoffgemenge (Rohchlorophyll), welches stets aus zwei Farbstoffen, einem grünen, dem Chlorophyll [4]) und einem gelben, dem Xanthophyll [5]) besteht. Engelmann hat nachgewiesen, dass Chlorophyll auch bei (niederen) Thieren vorkommt.

Von der Eiweissnatur des Grundgerüstes kann man sich leicht dadurch überführen, dass man das Farbstoffgemenge mit starkem Alkohol extrahirt (z. B. Blätter 24 Stunden in starken Alkohol legt), wobei die Form der Chlorophyllkörper unverändert bleibt, und auf die nun farblosen Körper die Eiweissreagentien (Jod, Millon's Reagens) einwirken lässt.

Fig. 44.



Chlorophyllkörner. *e* Eine mit wandständigen Chlorophyllkörnern erfüllte Zelle. *a* Chlorophyllkorn, Schwammstructur durch Punktirung angedeutet. *b, c, d* verschieden grosse Stärkeeinschlüsse im Chlorophyllkorn (Tschirch).

Das in den Maschen eingelagerte Farbstoffgemenge besteht, wie schon erwähnt, aus zwei Farbstoffen.

Das grüne Chlorophyll [6]) bildet mit Alkohol, Aether, Chloroform, ätherischen und fetten Oelen, prächtig blutroth fluorescirende Lösungen, die durch ein sehr charakteristisches Absorptionsspectrum ausgezeichnet sind. Es ist stickstoffhaltig, aber bisher nur in der Zinkverbindung bekannt. Dieselbe enthält 11·07 Procent Zn, der Chlorophyllrest entspricht der Formel $C_{28}H_{47}N_3O_6$. Man stellt diese Reinchlorophyllverbindung aus der Phyllocyaninsäure dar. Eine Lösung von Reinchlorophyll 1 : 100000 ist noch schön grün gefärbt und zeigt bei 10 Mm. Schichtendicke Band I (s. unten) noch deutlich. Eine Lösung von 1 : 200000 ist noch grünlich. [7]) Das Spectrum der Lösung zeigt, abgesehen von einer continuirlichen Absorption der blauen und violetten Spectrumshälfte (bis etwa $\lambda = 500$) vier Bänder: ein sehr dunkles (1), ungefähr zwischen den Fraunhofer'schen Linien B und C im Roth, zwei

[1]) Dieselbe, vielfach geleugnet, wird neuerdings auch von Schwarz angenommen.

[2]) Tschirch, Unters. über das Chlorophyll, S. 9.

[3]) Ersteres die Balken, letzteres die Grundsubstanz bildend.

[4]) χλωρός, gelbgrün, φύλλον, Blatt, also Blattgrün. Der von Hansen vorgeschlagene Name Chlorophyllgrün ist also ein Pleonasmus.

[5]) Durch Berzelius 1837 allerdings für einen anderen Körper (Phylloxanthin) eingeführter Namen von ξανθός gelb, φύλλον Blatt, also Blattgelb. Der von Hansen vorgeschlagene Name Chlorophyllgelb ist also eine contradictio in adjecto.

[6]) Vergl. Tschirch, Untersuchungen über das Chlorophyll. Berlin 1884. Dort findet sich auch ein vollständiges Verzeichniss der Chlorophyllliteratur bis 1884, auf das ich hiermit, ohne die einzelnen Arbeiten gesondert aufzuführen, verweise. Die wichtigsten spectralanalytischen sind von Hagenbach, G. Kraus, Pringsheim, Reinke, Timiriazeff. — Der Name Chlorophyll ist für den grünen Farbstoffantheil allein zu reserviren.

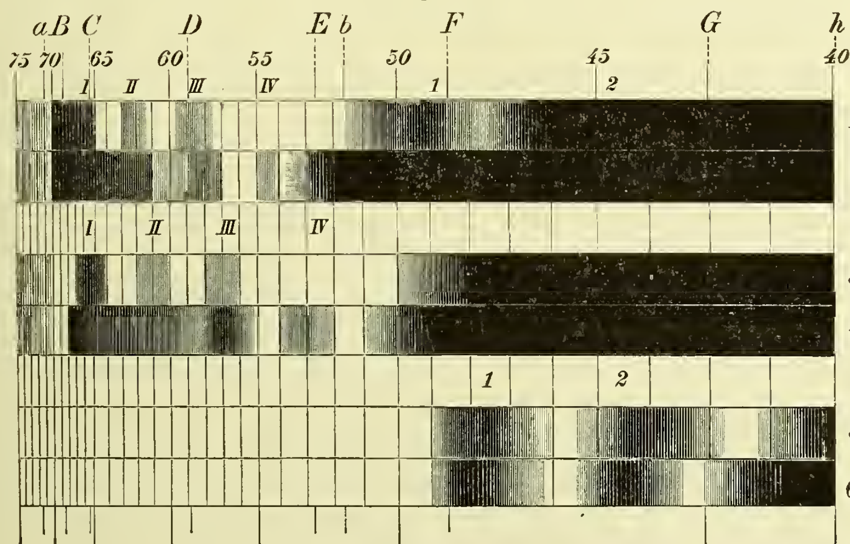
[7]) Eosinlösung ist noch 1 : 250000, Fuchsinlösung noch 1 : 1,000000 röthlich.

mattere, aber ungefähr gleich starke im Gelb (II und III) und ein sehr mattes (IV), erst in sehr dicker Schicht deutliches, etwa bei der Linie E (Fig. 45). Die gleichen Bänder, in der gleichen relativen Intensität, finden wir auch beim Blatte selbst, wenn wir dasselbe (nach Injection mit Wasser) mit dem Spectralapparat prüfen, nur sind sie hier alle etwas gegen Roth verschoben. Bei dem Blatte treten aber noch zwei andere Bänder auf. Dieselben (1 und 2) liegen im Blau. Sie gehören dem Xanthophyll an (s. unten). Das Blattspectrum ist also ein Mischspectrum.[1])

Das Chlorophyll ist eisenfrei. Es ist, wie ich gezeigt habe, in den Blättern zu 2—4% (der aschefreien Trockensubstanz) oder, pro Quadratmeter Blattfläche berechnet, zu 0·2—1·0 Grm. darin enthalten. Da auf einen Quadratmeter Blattfläche bei *Ricinus* circa 5 Billionen Chlorophyllkörner kommen, das Blatt 0·38 Grm. Chlorophyll pro Quadratmeter enthält, so würde jedes Chlorophyllkorn $\frac{0{\cdot}38}{5 \text{ Billion.}}$ Grm. Chlorophyll enthalten. Eine weitere Berechnung ergab, dass das Chlorophyll in den Körnern von *Ricinus* etwa in einer Verdünnung von 1 : 1000 enthalten ist.

In der Pflanze erleidet das Chlorophyll sehr leicht Zersetzungen. Sobald die Zelle abstirbt und der saure Zellsaft (s. d.) an die Chlorophyll-

Fig. 45.



1 u. 2 Blattspectrum (Mischspectrum aus Chlorophyll und Xanthophyll). 3 u. 4 Spectrum einer alkoholischen Lösung der Zinkverbindung des Reinchlorophylls. 5 u. 6 Spectrum alkoholischer Xanthophylllösungen (Tschirch).

körner tritt, werden dieselben braungrün. Bei dieser Zersetzung entsteht die braungrüne Phyllocyaninsäure (Chlorophyllan, Hypochlorin[2]). Dieser Phyllocyaninsäure (Chlorophyllan) verdanken alle durch Trocknen oder Kochen braungrün gewordenen Blätter, beziehungsweise Drogen ihre Farbe. Um diese Umbildung zu vermeiden, genügt es, wenn man vor der Extraction dem Extractionsmittel kleine Mengen von Alkalien hinzufügt. Pflanzenauszüge mit schwach ammoniakalischem Alkohol bereitet, sind rein grün und bleiben es lange Zeit. Ebenso wirken Kali und Natron. Es ent-

[1]) Vergl. auch Vogel, Handbuch der Spectralanalyse. II. Aufl. Dort ist ein Resumé meiner Untersuchungen mitgetheilt.

[2]) Chlorophyllan, beziehungsweise Hypochlorin sind wahrscheinlich Gemenge von Cholesterin und Phyllocyaninsäure.

stehen hierbei sogenannte Alkalichlorophylle, salzartige Verbindungen von Kali oder Natron mit einem Zersetzungsproducte des Chlorophylls. Auf der Bildung derselben beruht auch der Zusatz von Natroncarbonat zu grünen Speisen (Spinat), um dieselben auch nach dem Kochen noch grün zu erhalten, es entsteht alsdann keine braungrüne Phyllocyaninsäure (Chlorophyllan).

Um in Drogen die grüne Farbe beim Trocknen zu erhalten, muss man den Farbstoff so schnell als möglich der Einwirkung des sauren Zellsaftes entziehen, also rasch trocknen; denn nur im gelösten Zustande wirken die Säuren zersetzend auf den Farbstoff. Daher werden auch Pflanzen, deren Blätter reich durchlüftet sind, also rascher austrocknen, beim Trocknen nicht braungrün *(Fol. trifolii fibrini)*, sondern bleiben mehr oder weniger reingrün. Ueberhaupt zeigen diese Eigenthümlichkeit besonders Wasserpflanzen, deren Zellsaft eine nur schwach saure Reaction besitzt. Blätter mit stark saurem Zellsaft (z. B. die der *Rumex*-Arten) werden dagegen sofort beim Welken braun.

Wenn Pflanzenauszüge in Kupferblasen destillirt werden, so entsteht aus dem Chlorophyll das Kupfersalz der Phyllocyaninsäure, dessen Lösungen nicht fluoresciren und welches in HCl unlöslich ist. Darauf sind die zahlreichen Angaben in der Literatur über nicht fluorescirende Chlorophylllösungen und Unlöslichkeit des Chlorophylls in Salzsäure zurückzuführen.

Jeder Pflanzenauszug, selbst ein frisch bereiteter, enthält aber neben Chlorophyll und Xanthophyll kleine Mengen Phyllocyaninsäure.

Das Thallochlor[1]), das Berzelius im *Lichen islandicus* auffand, ist nichts anderes als Chlorophyll.

Das das Chlorophyll in den Körnern begleitende gelbe Xanthophyll löst sich in den gleichen Lösungsmitteln wie das Chlorophyll, aber schwerer und ist also in allen Pflanzenauszügen neben Chlorophyll enthalten. Es bildet gelbe, nicht fluorescirende, Lösungen, die ein durchweg anderes Absorptionsspectrum besitzen, wie das Chlorophyll, nämlich zwei breite matte Bänder (1 und 2) im Blau und Absorption des Violett. Ein Band liegt ungefähr bei F ($\lambda = 460—490$), das zweite zwischen F und G Fraunhofer ($\lambda = 430—445$) (Fig. 45). Band 2 ist beim Blatte meist schwer sichtbar, da die Endabsorption des Reinchlorophylls sich über diesen ganzen Bezirk lagert. Xanthophyll ist stickstofffrei.

Xanthophyll entsteht im Frühling zuerst, daher ist die Frühjahrsvegetation gelbgrün und bleibt im Herbst, nachdem die Blätter entleert sind, und auch das stickstoffhaltige Chlorophyll entfernt ist, zurück. Die herbstliche Gelbfärbung rührt also von Xanthophyll her, welches überhaupt auch gegen Licht beständiger ist als Chlorophyll.

Eine allerdings nicht quantitative Trennung des Xanthophylls vom Chlorophyll gelingt dadurch, dass man eine alkoholische Rohchlorophylllösung mit Benzin durchschüttelt: das Chlorophyll geht in das Benzin, das Xanthophyll bleibt in der alkoholischen Lösung (G. Kraus). Vollständiger gelingt die Trennung mittelst Kalilauge und Aether.

Rohchlorophyll (d. h. das Farbstoffgemenge der Blätter) löst sich in Alkohol, Aether, Chloroform, Benzol, Petroläther, Paraffin, fetten und ätherischen Oelen. Daher kommt es, dass Fette *(Ol. laurinum)* oder ätherische Oele *(Ol. Bergamottae)*, die man aus chlorophyllhaltigen Pflanzentheilen durch Pressen oder Ritzen gewonnen hat, durch Chlorophyll tingirt sind. Da Chlorophyll nicht flüchtig ist, so sind ätherische Oele durch Destillation davon zu befreien. Cajeputöl ist aber durch Kupfer

[1]) θαλλός Laub, χλωρός grün.

grün gefärbt. Da Chlorophyll auch, wie es scheint, unverdaulich ist, so findet es sich, resp. seine Derivate in den Fäces aller Herbivoren.

Der Chlorophyllfarbstoff, resp. das Farbstoffgemenge ist stets an differenzirte Eiweisskörper gebunden, mit einziger Ausnahme der meisten spangrünen *Phycochromaceen* (Spaltalgen). Hier tingirt es der Regel nach die gesammte Plasmamasse gleichmässig.

Die Chlorophyllkörper aller Pflanzen entstehen ausnahmslos entweder aus farblosen Chromatophoren (Leucoplasten) oder durch Theilung vorhandener Chlorophyllkörper, nie durch Differenzirung aus dem Plasma. [1])

Die Gestalt der Chlorophyllkörper ist bei den niederen Pflanzen (Algen) eine mannigfache, bei allen höheren, von den Moosen [2]) aufwärts, die gleiche. Bei den Algen inclusive *Diatomeen (Bacillariaceen)* besitzen die Chlorophyllkörper bald die Form von Platten oder Bändern, bald die von Sternen oder mannigfach zerlappten oder anastomosirenden Körpern. Hier herrscht bei grosser Mannigfaltigkeit doch verhältnissmässig grosse Uebereinstimmung in systematisch begrenzten Abtheilungen, so dass man die Form der Chromatophoren systematisch verwerthen kann (SCHMITZ, REINKE).

Bei den höheren Pflanzen besitzen die Chlorophyllkörper stets die Form von Körnern (daher Chlorophyllkörner), die fast ausnahmslos runde oder ovale, mehr oder weniger flache Scheiben bilden — von der Fläche betrachtet also Scheiben- von der Seite gesehen Linsenform besitzen (Fig. 44 *e*) — und die polyëdrische Formen nur annehmen, wenn sie an der Wand der Zelle dicht gedrängt liegen, also sich in Folge gegenseitigen Druckes abplatten, was wegen der Weichheit des plasmatischen Grundgerüstes (s. oben) leicht von Statten geht. Dabei liegen sie oft dicht gedrängt an einander, ohne doch zusammenzufliessen (Fig. 44 *c*), da die sie umgebende Membran (s. oben) sie daran hindert. In lebhaft assimilirenden Blättern fand ich die Chlorophyllkörner oftmals amöbenähnlich gelappt, unregelmässig ausgezogen und verkrümmt. Die Weichheit des Grundgerüstes ist dann eine ausserordentlich grosse.

Selten kommt es vor, dass die festen Einschlüsse der Chlorophyllkörner die Gestalt bedingen oder die normale verändern, wie dies bei den Aleuronkörnern (s. S. 49) der Fall ist.

Die Einschlüsse der Chlorophyllkörper sind zweierlei Art, geformte und ungeformte. Von geformten stehen die Stärkekörner in erster Linie (Fig. 44 *b—d*). Sie sind das erste sichtbare Product des in den Chlorophyllkörnern sich abspielenden Assimilationsprocesses, d. h. der Umwandlung der Kohlensäure der Luft in kohlenstoffhaltige organische Substanz (s. unten).

Pflückt man das Blatt einer Pfefferminzpflanze am Abend eines Sommertages ab, legt es zur Extraction des Farbstoffes über Nacht in Alkohol und dann in wässerige Jodlösung, so findet man fast in jedem Chlorophyllkorn einen durch Jod blauschwarz gefärbten Stärkeeinschluss (Assimilationsstärke). Am Morgen sind die Chlorophyllkörper stärkefrei, da die Stärke alsdann für die in der Nacht stattfindenden Wachsthumsprocesse verbraucht, zunächst im Korn gelöst, dann fortgeführt wurde.

Sehr viel seltener kommen Proteïnkristalloide in den Chlorophyllkörpern vor. Bisweilen sind die Einschlüsse, namentlich die Stärkekörner, so gross, dass die Substanz des Chlorophyllkornes fast ganz absorbirt scheint und nur als eine zarte Hülle die Stärke umgibt. Dies ist besonders bei den Chlorophyllkörnern überwinternder Pflanzenorgane der Fall (schön z. B. bei *Elodea canadensis*). Hier ist die Assimilationsstärke, da sie nicht

[1]) MIKOSCH (Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1885) hat angeblich auch Entstehung von Chlorophyllkörner durch Differenzirung des Zellplasmas gesehen.

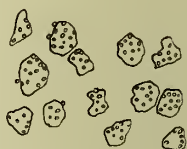
[2]) Nur die *Anthoceros*arten machen eine Ausnahme.

verbraucht wird — weil im Winter die Vegetationsprocesse ruhen — im Korne selbst angehäuft und zu Reservestärke geworden.

Die ungeformten Einschlüsse sind mannigfacher Natur. Sicher ist, dass in zahlreichen Pflanzen, besonders Monocotylen *(Allium, Aloë)*, statt der Stärke fettes Oel als erstes sichtbares Assimilationsproduct in Form kleiner Tröpfchen (z. B. in den Blättern von *Aloë arborescens*, Fig. 46) auftritt. Ausser diesem kommen aber sicher, wohl besonders mit dem Farbstoffgemische gemengt, noch mannigfache andere Substanzen darin vor, deren chemischen Charakter wir noch nicht kennen; nur Gerbstoffbläschen sind sicher da und dort nachzuweisen. Welche Bedeutung all diese ungeformten Einschlüsse besitzen, ist noch zu untersuchen.

Schon das fast ausschliessliche Vorkommen der Chloroplasten in den dem Licht ausgesetzten Pflanzentheilen deutet darauf, dass dieselben, wie sie nur im Licht entstehen[1]), auch nur im Lichte zu functioniren vermögen. In der That hat sich erwiesen, dass der an sie geknüpfte und nur in ihnen sich abspielende Assimilationsprocess an das Licht gebunden ist. Nur die Chlorophyllkörper vermögen die Kohlensäure zu zerlegen, d. h. anorganische Substanz in organische zu verwandeln. Sie gehören also zu den wichtigsten Ernährungsorganen der Pflanze. Sie erfüllen aber selbst die Zellen der dem Lichte ausgesetzten peripherischen Partien[2]) niemals ganz, sondern liegen in dem specifischen Assimilationsgewebe (s. dieses), allerdings in grosser Zahl (in einer Zelle nicht selten 50—90), dem plasmatischen Wandbeleg eingebettet. Natürlich enthält die dunklere Blattoberseite, an der das specifische Assimilationsgewebe liegt, viel mehr Chlorophyllkörner als die Blattunterseite. Bei unserer Bohne *(Phaseolus multiflorus)* liegen in den Zellen der Oberseite 69%, in den Zellen der Unterseite 31%, bei *Ricinus communis* in den Zellen der Oberseite 82%, in denen der Unterseite 18% der im Blatte überhaupt vorhandenen Chlorophyllkörner. Bei letzterer Pflanze finden sich (nach HABERLANDT) im Quadratmillimeter Blattfläche an der Oberseite 403.200, an der Unterseite 92.000 Chlorophyllkörner.[3]) Dementsprechend differirt die specifische Assimilationsenergie der beiden Seiten.

Fig. 46.



Chlorophyllkörner mit Oeltröpfcheneinschlüssen aus dem Blatte von *Aloe arborescens* (Tschirch).

Die Körner sind in dem specifischen Assimilationsgewebe in der Zelle so orientirt, dass sie alle vom Licht getroffen werden können.

Die Grösse der Chlorophyllkörner beträgt bei den höhern Pflanzen circa 3—11 Mik.

Die die Körner umgebende Membran hindert sie im lebenden Zustande, trotz der Weichheit des Grundgerüstes, auch dann am Zusammenfliessen, wenn die Körner dicht aneinander gedrängt werden. Durch den Tod der Zelle verliert sie jedoch diese Eigenschaft. Alsdann fliessen oft die sämmtlichen Körner einer Zelle zu einem oder mehreren formlosen, grossen, grünen Klumpen zusammen. So finden wir sie der Regel nach in den Drogen, die grüne Organe (besonders Blätter) enthalten, nur selten (häufig nur bei immergrünen Blättern) bleibt aus uns unbekannten Gründen ihre Form auch nach dem Tode erhalten. Wie die Gestalt, so verlieren die Chlorophyllkörper beim Tode auch meist ihre reingrüne Farbe, sie werden braungrün. Daher kommt es, dass die meisten Drogen, besonders jene, die unsorgfältig getrocknet wurden, ein braungrünes Ansehen besitzen. Meist liegt alsdann in der Zelle ein unförmlicher Klumpen, der eine Differenzirung kaum noch erkennen lässt.

---

1) Einige Ausnahmen s. oben S. 54.
2) Die Epidermis ist chlorophyllfrei.
3) HABERLANDT, Physiolog. Pflanzenanatomie.

Bevor das Blatt im Herbst abfällt, wird es entleert; besonders die in ihm enthaltenen Stickstoffverbindungen wandern in den Stamm. Dabei wird nun auch sowohl das plasmatische Grundgerüst der Chlorophyllkörner, wie der stickstoffhaltige grüne Farbstoffantheil des Farbstoffgemisches (das Chlorophyll) gelöst, und es bleibt nur das stickstofffreie, gelbe Xanthophyll in gelben Tropfen zurück (herbstliche Gelbfärbung); gleichzeitig treten oftmals im Zellsaft rothe Farbstoffe (Chrysophyll[1]), Erythrophyll[2]), Anthocyan) auf (herbstliche Rothfärbung). Ein Blatt der Bohne enthielt im Juni 0·50 Grm. Chlorophyll pro Quadratmeter; ehe es im Herbste abfiel, aber nur 0·02 Grm.

Nachweisen kann man das Chlorophyll in den Chlorophyllkörpern durch die sogenannte Hypochlorinreaction[3]) (Pringsheim). Verdünnte Mineralsäuren (bes. Salzsäure) oder Eisessig rufen an den Chlorophyllkörpern zunächst die Ausscheidung brauner Tröpfchen hervor, und diese werden dann oftmals krystallinisch.[4]) Durch concentrirte Mineralsäuren werden die Chlorophyllkörper unter Blaufärbung (Phyllocyanin) zerstört. Besser und schärfer ist der spectralanalytische Nachweis, den man durch Extraction selbst des kleinsten Abschnittes eines Pflanzentheiles mittelst Alkohol und Untersuchung der Lösung in dicker Schicht mittelst des von mir vorgeschlagenen Apparates[5]) (Fig. 10), der an jedem Mikroskop anzubringen ist, leicht erbringen kann.

In den Chromatophoren gewisser Algen, und zwar der *Phycochromaceen*, der *Fucaceen*, *Florideen* und *Diatomaceen*, sind neben dem Chlorophyll noch andere Farbstoffe enthalten, die die Farbendifferenz dieser Pflanzen gegenüber den reingrünen bedingen.

Die *Diatomeen* sind im lebenden Zustande braun.[6]) Der Farbstoff ihrer Chromatophoren (das sog. Diatomin) ist ein Gemenge von grünem Chlorophyll und gelbbräunlichem Phycoxanthin.[7])

Die ebenfalls braunen Fucaceen, zu denen unsere *Laminaria* (s. Bd. II) gehört, enthalten Chromatophoren (Phaeoplasten), in der Form den Chlorophyllkörnern ähnlich, aber braun. Der sie tingirende Farbstoff (das sog. Phaeophyll) ist ein Gemenge von Chlorophyll, Phycoxanthin und Phycophaein.[8]) Das gelb-bräunliche Phycoxanthin löst sich in den gleichen Lösungsmitteln wie Xanthophyll und scheint diesem sehr nahe verwandt (daher γ-Xanthophyll Tschirch) und gewissermassen das Xanthophyll dieser Algen zu sein; das braune Phycophaein (Millardet) ist dagegen nicht in Alkohol, wohl aber in Wasser löslich.

Der spangrüne Farbstoff der Phycochromaceen (das sog. Phycochrom)[9]) ist eine Gemenge von Chlorophyll, Phycoxanthin und dem blauen, im Wasser löslichen, in Alkohol unlöslichen Phycocyan.[10]) Die Phycochromaceen hinterlassen daher auf Papier (wenn man sie herbarmässig einlegt) blaue Flecke.

Der rothe, ebenfalls an geformte Proteïngebilde (Rhodoplasten) gebundene Farbstoff der Florideen (das sog. Rhodophyll)[11]), ist ein

---

1) χρυσός goldgelb.
2) ἐρυθρός roth.
3) ὑπό unter χλωρός grün.
4) Pringsheim, Lichtwirkung und Chlorophyllfunction. Jahrb. f. wiss. Botan. XII.
5) Tschirch, Einige praktische Ergebnisse etc. Im Arch. d. Pharm. 1884, S. 136.
6) Die Infusorienerde wird nur von den farblosen leeren Schalen dieser Pflanzen gebildet. Die Chromatophoren sind längst zu Grunde gegangen.
7) φῦκος (Fucus), Tang, ξανθός gelb.
8) Von φῦκος Tang und φαιός schwärzlich, braun.
9) Von φῦκος Tang und χρῶμα Farbe.
10) Von φῦκος und κυάνεος schwarzblau.
11) ῥόδεος rosig, φύλλον Blatt, Trieb.

Gemenge aus Chlorophyll (und Phycoxanthin?) und einem rothen, in Wasser löslichen Farbstoff, dem Phycoërythrin[1]) (Kützing). Zu diesen Pflanzen gehört auch unser *Carageen*, doch ist die Droge meist vollständig farblos oder lichtgelblich. Man rollt die frisch gepflückten Algen nämlich in Fässern mit Wasser, wobei das Phycoërythrin aus der todten Pflanze diffundirt, und trocknet an der Sonne, wo dann auch das Chlorophyll ausbleicht. Hier und da zeigen aber noch einige Exemplare oder Theile der Droge eine röthliche Farbe.

2. Chromoplasten und Pflanzenfarbstoffe.[2])

Die Chromoplasten[3]) (Chromoplastiden) oder Farbstoffkörper (Chromoleuciten[4]), van Tieghem) bedingen die Farbe zahlreicher Pflanzenorgane, besonders vieler Blüthen und Früchte, aber nicht aller. Denn nicht minder häufig, wenn nicht sogar häufiger, wird die Farbe dieser Organe durch im Zellsaft gelöste Farbstoffe hervorgerufen. Bisweilen combinirt sich Beides, d. h. es werden Chromoplasten und zugleich gefärbter Zellsaft gefunden oder verschieden gefärbte Chromoplasten *(Mohrrübe)*, und da es auch vorkommt, dass die einzelnen Zellschichten verschieden gefärbte Chromoplasten oder verschieden gefärbten Zellsaft führen, so wird die fast in's Unendliche gehende Mannigfaltigkeit der Blüthenfarben verständlich.[5]) Selten trifft man die Farbstoffe in Oel gelöst (*Ranunculus*-Blüthenblätter, *Uredineen*).

Im Grossen und Ganzen kann man sagen, dass die gelbe und orange Farbe von Chromoplasten herrührt, die blauen und rothen Farben aber im Zellsaft gelöst sind, doch gibt es Ausnahmen. Unsere rothe *Mohrrübe*, die Blüthen der *Aloë*, die Früchte der *Bryonia dioica*, erhalten ihre Farbe von rothen Chromoplasten, und die Narben des *Crocus sativus*, die gelben Rüben und die Blüthenblätter der gelben *Dahlia variabilis* und des *Verbascum Thapsus* besitzen einen gelben, im Zellsaft gelösten Farbstoff, wie die gelben Rosen.

Im Zellsaft gelöst ist der blaue, rothe oder violette Farbstoff der Blumenblätter von *Papaver Rhoeas, Anemone hepatica, Linum usitatissimum, Veronica, Borrago, Pulmonaria, Aconitum Napellus, Digitalis purpurea, Centaurea Cyanus, Viola odorata Rosa, Dahlia, Hyacinthus, Cydonia japonica,* ferner der Farbstoff der Pigmentzellen der Cacaocotyledonen, der Macis, der Früchte der Kirschen, Himbeeren, Heidelbeeren, *Fruct. Sambuci*, Blaubeeren, der blauen Weintrauben, rothen Rüben, der rothen Blätter (Fig. 43), der roth angelaufenen Stengel oder deren Flecke *(Conium)*, der frischen Krappwurzel *(Rubia tinctorum)*, der Samenschale von *Phaseolus multiflorus Lupinus*, des Kelches der *Flor. Kusso* und *Flor. lavandulae* und der Zwiebelschalen von *Scilla maritima* (Fig. 27). Die gelösten Farbstoffe finden sich besonders

---

[1]) φῦκος Tang und ἐρυθρός roth.

[2]) Obgleich die im Zellsaft gelösten Pflanzenfarben, streng genommen, nicht hierher gehören, sollen sie, ebenso wie die Membranfarbstoffe und Chromogene, doch an dieser Stelle abgehandelt werden.

[3]) χρῶμα Farbe.

[4]) λευκός leuchtend.

[5]) Die Farbstoffe der Blüthen und Früchte sind untersucht worden von Hildebrand, Anatomische Untersuchungen über die Farben der Blüthen. Pringsh. Jahrb. 1863. 3. — A. Weiss, Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte des Farbstoffes in Pflanzenzellen. Wiener Akad. Sitzungsber., 54 und Pflanzenanatomie. — Kraus, Pringsh. Jahrb. 8. — Fritsch, Ueber farbige, körnige Stoffe des Zellinhalts. Pringsh. Jahrb. 1884, 14. — Alle diese geben farbige Abbildungen. Sie haben aber, was die geformten Farbstoffe betrifft, in vielen Fällen Zersetzungsproducte beschrieben. In den wesentlichsten Punkten sichergestellt wurde die Genese und Morphologie der Chromoplasten durch Schimper, Ueber die Entwicklung der Chlorophyllkörner und Farbkörper. Bot. Zeit. 1883 und Pringsh. Jahrb. 16. (Vergl. auch die Literaturzusammenstellung in Behrens' Hilfsbuch, S. 358.)

in Epidermiszellen (Laubblätter, Blüthenblätter, *Flor. verbasci*, *Flor. aconiti*, *Flor. malvae arbor.*, Samenschalen) und (bei den Blüthen- und Kelchblättern) auch in Trichomen *(Flor. lavandulae)*. Die Absorptionsspectren der einzelnen Farbstoffe weichen etwas von einander ab.[1])

An Plastiden gebunden sind die Farbstoffe der Blüthen von *Kerria japonica, Tulipa silvestris, Gentiana lutea, Chrysanthemum segetum, Hemerocallis fulva, Fritillaria imperialis, Cheiranthus Cheiri, Calendula officinalis, Matricaria Chamomilla*, der Früchte von *Capsicum annuum* und, wie es scheint, auch die Chrysophansäure des *Rharbarberrhizoms* und das Rhamnoxanthin der *Frangularinde*.

Auch Mischungen beider, entweder in derselben Zelle oder in verschiedenen Schichten kommen vor. So ist die feuerrothe Farbe der Blüthenblätter von *Tropaeolum minus* davon bedingt, dass die Oberseite der Blätter gelbe Chromoplasten und rothen Zellsaft, die Mittelschicht gelbe Chromoplasten und farblosen Zellsaft, die Unterseite gelbe Chromoplasten in rothem Zellsaft enthält.

Während also roth, blau, violett gewöhnlich durch gefärbten Zellsaft, gelb und orange meist durch Chromoplasten bedingt werden, rühren die Farbenmischungen beider (braun, grau, brennendroth, rothorange) von einer Combination der Chromoplasten mit gefärbtem Zellsaft her. Die schwarze Farbe ist meist auf ausserordentlich tief — meist blauschwarz — gefärbten Zellsaft zurückzuführen (*Jequiritysamen*, Flecke auf den *Bohnen-* und *Lupinensamen*).

Fig. 47.



Chromatophoren aus Blüthen (*Tropäolum*) und Früchten (*Capsicum annuum*) (Tschirch).

Selten sind alle Zellschichten gefärbt, meist ist es nur eine oder mehrere, besonders die Epidermis ist bei den Blüthenblättern häufig gefärbt.

Man hat den in Alkohol löslichen Farbstoff der gelben Chromoplasten Anthoxanthin[2]) (Xanthin, Luteïn) oder, da er dem Xanthophyll der Blätter sehr nahe verwandt zu sein scheint, wohl auch Xanthophyll, den im Zellsaft gelösten, wasserlöslichen gelben Farbstoff dagegen α-Anthoxanthin (Tschirch) oder Anthochlor[3]) (Prantl), oder Xantheïn genannt.

Die in Wasser löslichen und in der Pflanze stets im Zellsaft gelösten rothen und blauen Farbstoffe tragen den Collectivnamen Anthocyan[4]) (Cyanin). Auch die rothen Farbstoffe der herbstlichen Blätter, wie der normalen, ganz oder theilweise roth gefärbten, gehören hierher, werden jedoch meist durch den Namen Erythrophyll oder Chrysophyll unterschieden.[5])

Die Gestalt der Chromoplasten ist eine sehr mannigfaltige.[6]) Die Scheiben-, bezw. Körnerform ist selten (Frucht von *Bryonia dioica* und *Solanum Dulcamara*, Blüthe von *Matricaria Chamomilla, Cort. aurantii fruct.*,

---

[1]) Vergl. auch Vogel, Lehrbuch der Spectralanalyse. II. Aufl.

[2]) ἄνθος Blüthe, ξανθός gelb.

[3]) ἄνθος Blüthe, χλωρός gelbgrün.

[4]) Von ἄνθος und κυάνεος blau. Die Namen Anthoxanthin und Anthocyan hat Marquart (Farben der Blüthen. Bonn 1835) eingeführt.

[5]) Erythrophyll findet sich in kleiner Menge stets in den normalen Blättern neben Xanthophyll. Ich erhielt es in rothen Kristallen mit blauer Oberflächenfarbe.

[6]) Vergl. bes. Schimper, Bot. Zeit. 1883, Taf. I und Pringsh. Jahrb. XVI, Taf. III.

Linum flavum), sowie länglich-wulstige und traubige Formen (Staubfäden von *Verbascum*), meist besitzen sie eckige, zwei- oder dreispitzige *(Tropäolum*-Blüthe, *Hagebutte*, Blüthe von *Iris Pseudacorus, Fruct. capsici annui)*, oder gar vielzackige, zerlappte Formen (Frucht der *Eberesche*, *Genista tinctoria)*, auch Stäbchen und Nadeln *(Hemerocallis*-Blüthe) sind nicht selten, ebenso wie ganz regelmässige, rechteckige oder rhombische Tafeln, wie sie z. B. jeder Querschnitt durch eine *Mohrrübe* oder eine *Tomate* darbietet. Jedenfalls haben wir uns auch die Chromoplasten, wie die Chlorophyllkörper, als aus einer proteïnartigen, bisweilen später schwindenden, sehr weichen, schon durch Wasser zersetzbaren Grundsubstanz bestehend zu denken, welcher der Farbstoff ein- oder angelagert ist, sei es in Form von Kristallen, sei es in Gestalt kleiner Farbstoffkörnchen oder Bläschen. Die Weichheit der Chromoplasten ergibt sich auch aus den Beobachtungen von Weiss, der sie (bei *Tulipa*, *Iris, Trollius)* in formändernder Bewegung sah. [1])

Die Chromoplasten, wenigstens die der Blüthen, stehen zu den Stoffwechselprocessen in gar keiner oder entfernter Beziehung. Sie scheinen, wie die gelösten Farbstoffe, nur für die biologische Function der Blumen (d. h. des gefärbten Theiles der Blüthe) — Insecten durch die Farbe anzulocken — von Bedeutung zu sein.

Die kristallinischen Farbstoffbildungen der Chromoplasten sind selten so gross und deutlich ausgebildet, wie bei der *Mohrrübe* [2]), wo man sie leicht durch Winkelmessung als zum rhombischen System gehörig erkennen kann. Meist sind es nur sehr feine Nadeln, die man erst mit dem Polarisationsmikroskop überhaupt auffinden kann (wie einige der Kristalleinschlüsse der Aleuronkörner). Rothe Farbstoffkristalle finden sich bei der *Mohrrübe*, der *Tomate*, den Früchten von *Solanum Dulcamara, Lonicera xylosteum*, orangefarbene Kristalle finden sich in den Blüthen von *Tropäolum*, der Frucht von *Rosa* (unserer *Hagebutte*) und *Pirus*, in der Fruchtschale von *Capsicum annuum*, im Arillus des Pfaffenhütchens *(Evonymus)*. Die Vermehrung der Chromoplasten ist dieselbe, wie die der Chloroplasten, sie geschieht durch Theilung.

Die ungeformten Farbstoffeinschlüsse der Chromoplasten sind meist in Form kleiner Farbstoffkörnchen oder Bläschen vorhanden. Bei den Chromoplasten der *Aloë*-Blüthe bilden sie kleine, peripherisch der farblosen Grundsubstanz eingelagerte Tröpfchen.

Ausser diesen gefärbten Einschlüssen finden sich in den Chromoplasten bisweilen noch Proteïnkristalloide, Stärke *(Mohrrübe*, Fruchtfleisch von *Solanum Dulcamara)* und fettes Oel (Blüthen von *Iris Pseudacorus)*.

Die einen Dauerzustand darstellenden Chromoplasten verdanken ihre Entstehung entweder Leucoplasten (s. d.) oder Chlorophyllkörnern. Ersteres ist der Fall bei allen unterirdischen Organen *(Mohrrübe)*, letzteres bei vielen gelben, bezw. gelbrothen Blüthen und Früchten, die im unreifen Zustande bekanntlich grün zu sein pflegen *(Hagebutte)*.

Sehr schön kann man bei den Blüthen von *Tropäolum* den Uebergang der Chlorophyllkörper in Chromoplasten verfolgen (Schimper), ebenso bei der Frucht von *Capsicum annuum*.

Beim Reifen der Früchte verschwindet meist die grüne Farbe, und eine gelbe oder rothe, beziehungsweise blaue oder eine aus diesen gebildete Mischfarbe tritt an ihre Stelle. Ob hierbei das Chlorophyll in diese Farbstoffe direct übergeht oder dieselben aus anderen Verbindungen in demselben Masse entstehen, wie das Chlorophyll verschwindet, ist nicht be-

---

[1]) Sitzungsber. der Wien. Akad. 90, I (1884), S. 91.
[2]) „Carotin."

kannt, nur dies eine ist sicher, dass weder die gelben, noch die blauen, beziehungsweise rothen Farbstoffe Absorptionsbänder besitzen, die mit denen des Chlorophylls übereinstimmen, ja auch nur in der Lage diesen ähneln. Kleine, nur mittelst Spectralanalyse zu erkennende Mengen Chlorophyll finden sich noch in fast allen, von mir untersuchten, gelben, rothen oder blauen Früchten.

Jedenfalls können aber auch zahlreiche Farbstoffe ohne jede nachweisbare Betheiligung des Chlorophylls entstehen. So z. B. der gelbe Farbstoff der *Mohrrübe,* der *Crocus*narben und vieler Blüthenblätter. Die meisten Blüthenfarben entstehen auch im Dunkeln

Die Wurzelfarbstoffe habe ich schon oben beim Carotin gestreift. Stickstofffreie gelbe und rothe Farbstoffe sind auch sonst in unterirdischen Organen nicht selten; so z. B. das gelbe Curcumin in dem *Curcumarhizom* und anderen *Zingiberaceen* (im Inhalt der Excretzellen gelöst), der im Zellsaft gelöste rothe Farbstoff der rothen Rüben u. a. m. In Intercellularräume wird das Alkannin secernirt (s. *Rad. Alkannae*). Auch in den Secreten von Drüsenhaaren *(Kamala)* und in anderen pflanzlichen Secreten sind bisweilen Farbstoffe enthalten, so z. B. im *Drachenblut,* im *Zedoariarhizom*, in der *Macis*.

Eine grosse Mannigfaltigkeit scheinen auch die Pilzfarbstoffe darzubieten. Hier finden sich sowohl gelbe (z. B. Uredogelb), als rothe und blaue, besonders bei den sogenannten Pigmentbacterien. Doch sind dieselben im Einzelnen noch wenig durchforscht. [1])

Auch in den Chlorophyllkörnern einiger Wasserpflanzen *(Equisetum, Potamogeton)* kommen bräunliche oder röthliche Farbstoffe in Form kleiner eingelagerter Körnchen vor.

In allen bisher erörterten Fällen können der oder die das Chlorophyll begleitenden Farbstoffe so reichlich entwickelt sein, dass die rein grüne Farbe des Chlorophylls verdeckt oder doch wenigstens stark modificirt wird.

Die braungrüne Farbe, die einige Coniferen *(Thuja)* im Winter annehmen, rührt aber von einer Umwandlung des Chlorophylls in Phyllocyaninsäure (Chlorophyllan), (s. Chlorophyll) her.

Der Farbstoff der „Pigmentschicht“ des Samens ist in der überwiegenden Zahl der Fälle Inhaltstoff *(Linum, Sinapis, Pfeffer, Cydonia,* Fig. 37, 41, 42, 55).

Eine ganz eigenartige Gruppe bilden die sogenannten Rindenfarbstoffe oder Phlobaphene.[2]) Dieselben sind nicht auf die Rinden beschränkt, entstehen in der überwiegenden Zahl der Fälle aus Gerbstoffen durch Sauerstoffaufnahme und bilden sich meist erst, wenn die Rinde (oder das Rhizom) von der Pflanze abgetrennt oder verletzt wird. Die ihnen zu Grunde liegenden Gerbstoffe sind im Zellsafte gelöst. Da jedoch die Membranen für die aus den Gerbstoffen entstehenden Farbstoffe meist ein grosses Absorptionsvermögen besitzen, und der Zellsaft beim Trocknen der betreffenden Rinden eindunstet, so finden wir meistens in der Droge nur die Membranen, diese aber sehr intensiv gefärbt. Zu den Phlobaphenen gehört das aus der Chinagerbsäure entstehende Chinaroth, das aus der Eichengerbsäure entstehende Eichenroth, das aus der Tormentillgerbsäure entstehende Tormentillroth, das aus der Zimmetgerbsäure entstehende Zimmetroth, das aus der Filixgerbsäure entstehende Filixroth, das aus Kinogerbsäure entstehende Kinoroth, das aus Catechugerbsäure entstehende

---

[1]) Vergl. Behrens' Literaturaufzählung (Hilfsbuch S. 386), Bachmann, Spectroskop. Untersuchungen von Pilzfarbstoffen, Plauen, Gymnasialprogramm 1886; de Bary, Morphologie der Pilze, 1884; Zopf, Spaltpilze u. and., besonders Sorby.

[2]) φλοιόν Rinde, φαίνω lasse erkennen.

Catechuroth, das aus der Ratanhiagerbsäure entstehende Ratanhiaroth, das Sassafrasroth, das Quercitrin u. a. (siehe Gerbstoffe).

Die grösste technische Verwerthung von allen Farbstoffen finden aber die Farbstoffe der Hölzer, Xylochrome.[1]) Dieselben sind stets nur in dem Kernholze (der Splint ist meist farblos), und zwar bei den in den Handel gebrachten Farbhölzern vorwiegend in der Membran der Zellen abgelagert (Membranfarbstoffe). Auch hier gilt das Gleiche wie von den Rindenfarbstoffen: der Farbstoff wird in dem Zellinhalt gebildet und von der Membran gespeichert. Besonders verholzte Membranen speichern Farbstoffe sehr begierig, so dass es nicht auffallend ist, dass besonders die verholzten Zellen des Holzkörpers stark gefärbt erscheinen. Die Farbstoffe der Farbhölzer sind sehr mannigfache. Im *Campeche* ist das Hämatoxylin, im *Rothholz* das Brasilin, im *rothen Santel* das Santalin, im *Gelbholz* das Citrin enthalten. Der Farbstoff der *Berberiswurzel* ist ebenfalls im Zellsaft gelöst und wird erst beim Trocknen von der Membran aufgenommen. Auch die Farbstoffe des Pollens und der Pilzsporen sind in der Membran abgelagert, hier aber schon in der lebenden. Der Farbstoff dringt also nicht erst nachträglich in dieselbe ein, sondern entsteht in derselben. Dasselbe gilt von den Farbstoffen, die man oftmals in den Membranen der Sclereïden findet, die die Hautschichten der Samen bilden (Samenschalenfarbstoffe). Die Sclereïdenmembran ist blau *(Erythrina)*, violett *(Goodia)*, roth *(Erythrina)*, gelb *(Entada, Tamarinde)*, braun und gelb *(Paeonia)*, grün *(Genista, Ulex, Cytisus)* und bei *Linum* braun gefärbt. Auch Algen enthalten echte Membranfarbstoffe (Gloeocapsin, Scytonemin), ebenso ist das Scleroërythrin, der violette Farbstoff des Mutterkorns, in den Membranen (der Randpartie des Sclerotiums) enthalten; ebenso wie der braune Farbstoff der Hyphen des Feuerschwammes, der blaue der Pilzfäden des Quassiaholzes *(Rhynchomyces, Xenodochus)*, der grüne des Pilzes des grünfaulen Holzes *(Peziza aeruginosa)*.

Ausser den im Obigen angeführten Farbstoffen, die alle entweder in der lebenden Pflanze gebildet sind oder beim Absterben des betreffenden Pflanzentheiles entstehen, kommen nun noch eine Anzahl von Pflanzenfarbstoffen in den Handel, die nicht als solche in der Pflanze enthalten sind, sondern erst durch eine nachträgliche technische Behandlung aus in der Pflanze vorkommenden, meist gänzlich farblosen Körpern entstehen. Diese Körper nennt man Chromogene.[2]) So ist beispielsweise der blaue Indigo nicht als solcher in der *Indigofera* enthalten, sondern entsteht aus dem farblosen Indican. Ebenso wird Lakmus und Orseille, respective das in ihnen enthaltene Orceïn erst durch den Fabrikationsprocess aus der farblosen Lecanorsäure erzeugt. Das neben Anthoxanthin in den Blüthen vorkommende Xanthogen (Hoppe's) ist gleichfalls ein Chromogen. Auch der Tournesolfarbstoff ist in der Pflanze nicht vorgebildet.

Die chemischen Eigenschaften der Farbstoffe sind wenig bekannt. Untersucht wurden die gelben Quercetin und Quercitrin *(Catechu, Flor. rosae)*, Polychroit *(Safran)*, Carotin *(Mohrrübe)*, Xanthorhamnin *(Fruct. rhamni cathartic.)*, Frangulin *(Cort. frangulae)*, Berberin *(Berberideen)*, Violaquercitrin *(Flor. violae tricolor)*, Kosein *(Flor. Kusso)*, Chrysarobin *(Araroba)* und Brasilin, ferner das rothe Bixin *(Orlean)* und das an der Luft roth werdende Hämatoxylin *(Campecheholz)*.

Praktische oder technische Bedeutung haben folgende Farbstoffe:

I. Rothe.

Fernambukholz, Brasilinholz, Rothholz, Kernholz von *Caesalpinia echinata Lam.* und *brasiliensis L.* (Brasilin).

---

[1]) ξύλον Holz, χρῶμα Farbe.

[2]) χρῶμα Farbe, γεννάειν erzeugen.

Sappanholz, Kernholz von *Caesalpinia Sappan L.*

Blauholz, Campeche, Kernholz von *Haematoxylon campechianum L.* (Hämatoxylin).

Rothes Santelholz, Kernholz von *Pterocarpus santalinus L. fil.* (Santalin).

Drachenblut, Secret von *Dracaena Draco Bl., Dr. Draco L., Dr. schizantha Baker, Dr. Ombet* und *Dr. cinnabari Balf. fil.*

Kirschroth in den Früchten von *Prunus cerasus L.* und *avium L.*, und Himbeerroth in den Früchten von *Rubus Idaeus L.*

Henna, Alhenna, Blätter von *Lawsonia alba Lam.*

Malvenroth in den Blüthenblättern von *Althaea rosea Cav.*

Kermesbeeren von *Phytolacca decandra L.*

Kamala, Drüsen von *Malotus philippinensis J. Müll.*

Alkannaroth in der Wurzel von *Anchusa tinctoria L.*

Chicaroth in den Blättern von *Bignonia Chica Bouv.*

Krapproth, sowie Alizarin, Purpurin in den Wurzeln von *Rubia tinctorum L., peregrina L., Munjista Rxb.*

Ferner enthalten rothe, zum Färben benutzte Farbstoffe die Blüthen von *Papaver Rhoeas L., Paeonia officinalis L.*, die Früchte von *Vaccinium Myrtillus L., Sambucus nigra L.* u. a.

2. Blaue und violette.

Blauholz, Campeche von *Haematoxylon campechianum L.*

Indigo, dargestellt aus dem Kraute von *Indigofera tinctoria L., Anil. L., argentea l'Herit, disperma L.*

Indigoähnliche Farbstoffe können dargestellt werden aus dem Kraute, resp. den Blättern von *Galega tinctoria L., Baptisia tinctoria R. Br., Amorpha fruticosa L., Polygonum tinctorium L., Polygala tinctoria Fork., Nerium tinctorium L., Marsdenia parviflora Dcsn.* und *tinctoria R. Br., Bignonia, Ruellia comosa Wall., Sericographis Mohiati DC., Eupatorium indigoferum Pohl* und *tinctorium, Spilanthes tinctorius Lour.* u. a.

Tournesol aus dem Kraute von *Crozophora tinctoria Neck* dargestellt.

Waid = *Isatis tinctoria L.* und *lusitanica L.*

Orseille, dargestellt aus dem Thallus der Flechten: *Roccella tinctoria DC., fuciformis DC., phycopsis Achar., Montagnei Bel.*

Lakmus und Persico, besonders aus dem Thallus von *Ochrolechia tartarea Körb.* und *Pertusaria communis Fr.* dargestellt.

3. Gelbe.

Ginster = *Genista tinctoria L.*

Gelbbeeren, die Früchte von *Rhamnus infectoria L., cathartica L.* und *saxatilis L.*

Orlean, das Secret der Früchte von *Bixa Orellana L.* und *Urucana Willd.*

Wau = *Reseda luteola L.*

Fisetholz, das Holz von *Rhus Cotinus L.*

Gelbholz, das Kernholz von *Maclura aurantiaca Nutt.* (Morin).

Quercitronrinde, Rinde von *Quercus tinctoria Willd., aquatica Catesb., cinerea Mich.* (Quercitrin).

Chinesische Gelbschotten, Wongshy, die Früchte von *Gardenia spec.*

Safran, die Narben der Blüthen von *Crocus sativus Sm.*

Curcumin, Curcumagelb im Rhizom von *Curcuma longa L.*

Saflor, Blüthen von *Carthamus tinctorius L.*

Ausserdem enthalten gelbe Farbstoffe die Rinde von *Mimosa Inga L., Acacia scleroxylon Tussac, Cassia fistula L., Zizyphus Jujuba Lam.;* die Wurzel von *Daucus Carota L., Cochlospermum tinctorium Perot, Coscinium fenestratum Gärtn., Berberis vulgaris L.* und *flexuosa, Morinda umbellata L.;* die Blätter von *Memecylon tinctorium Willg., capitellatum L.* und *grande Retz., Datisca cannabina L., Psychotria sulfurea R. et P., Eupatorium chilense Mol., Solidago canadensis L., Serratula tinctoria L.* (Färberscharte), *Xanthium strumarium L., macrocarpum* (?) und *indicum* (?); die Blüthen von *Butea frondosa Roxb.* und *superba Rxb., Sophora japonica L., Nyctanthes Arbor tristis L., Anthemis tinctoria L., Calendula officinalis L.*

4. Grüne.

Das Chlorophyll ist als solches zur Färbung nicht verwendbar, da es leicht zersetzlich ist. Dagegen sind die Metallverbindungen der Phyllocyaninsäure, eines Derivates des Reinchlorophylls (besonders die Kupferverbindung) beständig, werden jedoch von der pflanzlichen Faser nicht fixirt, besser von der thierischen.

Chinesisch-Grün wird aus der Rinde von *Rhamnus utilis Decsne.* und *chlorophora Decsne.*, das Saftgrün oder Kreuzdorngrün aus den Früchten von *Rhamnus cathartica L.* dargestellt.

3. Leucoplasten.

Unter dem Namen Leucoplasten (Leucoplastiden [1]) (SCHIMPER), Anaplasten [2]) (A. MEYER), Xantholeuciten (VAN TIEGHEM), Stärkebildner (SCHIMPER), begreift man alle farblosen Chromatophoren. Dieselben können entweder Vorläufer von Chlorophyllkörpern oder Chromoplasten sein, d. h. später in diese übergehen oder aber als Stärkebildner fungiren, d. h. aus gelösten Kohlehydraten Stärke bilden oder endlich ihr ganzes Leben über farblos bleiben.

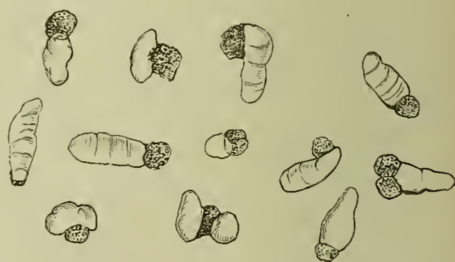
Alle Chloroplasten und Chromoplasten verdanken Leucoplasten ihre Entstehung (s. oben). So sind z. B. in dem Vegetationspunkte einer jungen *Ricinus*keimpflanze zahlreiche farblose Leucoplasten enthalten, die erst später ergrünen und zu Chlorophyllkörpern werden. Ebenso verdanken die Chlorophyllkörper, die sich in der Randschicht ergrünender Kartoffelknollen finden, farblosen Leucoplasten ihre Entstehung. Auch die Farbstoffkörper der Mohrrübe gehen aus Leucoplasten hervor.

Es werden sich also Leucoplasten vornehmlich in den Meristemen und in unterirdischen Organen finden. Dass ein farbloser Leucoplast ergrünen, wieder farblos werden und endlich wieder ergrünen kann, zeigt der Fall, den ich oben (S. 54) bei den Cotyledonen der *Lupine* beschrieben habe.

Die zweite Function der Leucoplasten, die Stärkebildung, tritt vornehmlich in unterirdischen Reservebehältern (Knollen, Rhizomen) hervor, wo dieselben die ihnen zugeführten, vom Assimilationssystem gebildeten, Kohlehydrate in Reservestärke umwandeln.

Diese, von SCHIMPER entdeckten Stärkebildner sind kleine farblose Eiweissgebilde von ähnlicher Structur wie die Chlorophyllkörper, die entweder in ihrem Innern oder an einer ihrer Seiten Stärke bilden. Sehr schön kann man sie bei vorsichtiger Präparation — sie werden durch Wasser zerstört! — im Herbst in dem Rhizom unserer *Iris*-Arten (frische *Rhiz. iridis*) beobachten. In den Zellen finden sich zahlreiche farblose Körper, denen an der Seite ein oder mehrere Stärkekörner ansitzen (Fig. 48), die excentrische Schichten zeigen. Wo die Stärkebildner ansassen, kann man sogar noch in der Droge erkennen (Fig. 80). Die Stärkekörner der *Iris*-Rhizome besitzen nämlich meistens Fingerform. Sie sind an dem einen Ende abgerundet, an dem anderen gerade abgestutzt oder sogar flach muldenförmig vertieft. Hier sassen ursprünglich die Stärkebildner an.

Fig. 48.



Runde Stärkebildner mit daransitzenden Stärkekörnern aus dem Rhizom von *Iris germanica* (Tschirch).

Echte Stärkebildner finden sich auch in Siebröhren, den Milchröhren von *Euphorbia resinifera*, im Embryosack und der Eizelle (SCHIMPER, A. MEYER, POTTER). Aber auch das Auftreten transitorischer Stärke in den jungen Vegetationsorganen scheint zu den Leucoplasten, die sich dort finden, in Beziehung zu stehen. Ausser Stärke findet sich auch bisweilen fettes Oel in den Leucoplasten.

Functionslose Leucoplasten, d. h. solche, die weder zu Chlorophyllkörpern oder Chromoplasten werden, noch Stärke bilden, finden sich, oft in grosser Zahl, in den Epidermiszellen (vergl. auch S. 55).

---

[1]) λευκός bleich.
[2]) ἀνα auf.

Die Vermehrung der Leucoplasten ist dieselbe, wie die der Chlorophyllkörper, sie geschieht durch Theilung.

Die Bacteroiden.

Die Pflanzen aus der Familie der Leguminosen besitzen an ihren Wurzeln eigenartige Knöllchen von runder, fingerförmiger, knolliger oder verzweigter Form, die in ihrem Innern in einem besonders differenzirten Gewebe zahlreiche, sehr kleine geformte Eiweisskörper von Bacteriengestalt besitzen, deren Natur BRUNCHORST zuerst erkannte, und die ich dann später eingehender untersucht habe [1]; es sind geformte plasmatische Gebilde, die durch Differenzirung aus dem Plasma der Zelle hervorgehen. Ihre Function ist sicher noch nicht erkannt.

Gräbt man eine *Süssholzpflanze* oder eine *Bohne* oder *Erbse* aus, so kann man sich von dem Vorhandensein dieser Knöllchen auf's leichteste überzeugen. Beim *Süssholz* sind sie fingerförmig, bei der Bohne rund, bei der Erbse wulstig verzweigt. Stellt man einen Querschnitt durch ein solches Knöllchen her, so sieht man, dass die centrale Partie in allen ihren Zellen von Milliarden dicht gedrängter Bacteroiden erfüllt ist, die durch Jod gelb, durch MILLON's Reagens roth werden.

Stickstofffreie Zellinhaltsbestandtheile.

Fettes Oel und Fett.

Fettes Oel in Form kleiner, dem Plasma und den Chromatophoren (s. d.) eingelagerter oder im Zellsaft frei schwimmender Tröpfchen findet sich allenthalben, in reichlicher Menge aber nur in Früchten und Samen, seltener in Knollen *(Cyperus esculentus)*. Hier trägt das fette Oel vollständig den Charakter eines Reservestoffes. [2] Oel als Reservestoff tritt sogar noch häufiger als Stärke in den Samen auf, es ist neben dem Aleuron das verbreitetste Reservematerial der Pflanzen. [3] Auch in Holz und Rinde der Holzpflanzen tritt Oel im Winter als Ersatz für Stärke auf. [4] Es ist der Regel nach so ausserordentlich innig mit dem Protoplasma gemengt (vielleicht sogar chemisch mit dem Cytoplasma verbunden), dass man es als solches nicht, oder doch erst nach Zusatz von Alkannin (in alkoholischer Lösung zu erkennen vermag. [5]) Legt man jedoch die Schnitte in Wasser, wobei das Plasma stets Veränderungen erleidet, Stoffe gelöst, Verbindungen zerlegt werden, so fliessen die kleinen Oeltröpfchen zu grösseren Tropfen zusammen und werden nun sichtbar. Noch besser gelingt die Sichtbarmachung durch Zusatz von concentrirter Schwefelsäure. Dieselbe löst nicht nur Cytoplasma und Membran, sondern auch die übrigen Zellinhaltsbestandtheile vollständig, oder nahezu vollständig und lässt die Oeltropfen, die nun oft zu grossen, gegen Schwefelsäure vollständig resistenten, Kugeln zusammenfliessen, allein übrig. Durch Osmiumsäure (1%) wird Fett und Oel braun.

---

[1]) TSCHIRCH, Beiträge zur Kenntniss der Wurzelknöllchen der Leguminosen. Ber. d. deutsch. bot. Ges. V, S. 58. Dort die Literatur des Gegenstandes.

[2]) Das fette Oel der Chlorophyllkörper ist wohl als Assimilationsproduct zu betrachten. Bei den Oelkörpern der Lebermoose ist es (nach PFEFFER) Secret.

[3]) Nach NÄGELI findet es sich in $^{9}/_{10}$ aller Samen (Stärkekörner, S. 536). Vergl. auch hinten „Speichergewebe“.

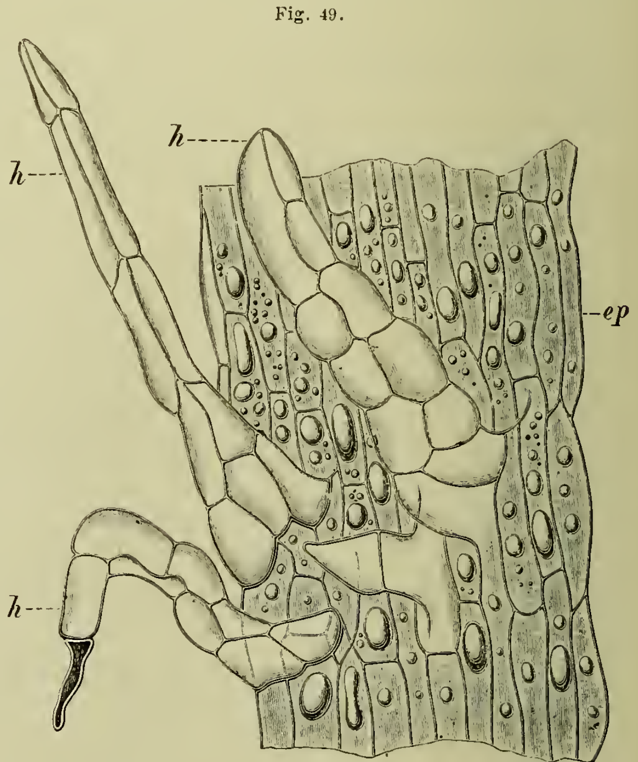
[4]) BARANETZKI, Bot. Centralbl. XVIII, S. 157.

[5]) Wird ein Schnitt durch das Endosperm des *Ricinus*-Samens in 1% Osmiumsäure gelegt, so wird die gesammte plasmatische Grundmasse gleichmässig braun gefärbt. Es muss also die Verbindung des Plasmas mit dem Oel entweder eine chemische sein oder den Charakter einer Lösung tragen.

Durch die Schwefelsäure-Methode kann man sich z. B. auf's leichteste von dem Vorhandensein von fettem Oel in dem Endosperm der *Ricinus-*, *Tiglium-*, *Dattel-*, *Phytelephas-*, *Areca-*, *Kaffee-*, *Colchicum-* (Fig. 51), *Strychnos*-Samen, den Cotyledonen der *Senf-*, *Raps-*, *Sesam-*, *Mandel-*, *Arachis-*, *Mohn-*, *Hanf-* und *Lein*-Samen, dem Embryo der *Gramineen (Mais, Weizen, Roggen* etc.), der sogenannten Kleber (besser Oel)-Schicht der Cerealiensamen, der *Senf-* und *Foenum graecum*-Samen (Fig. 50*k*), dem Fruchtfleische der *Olive*, den Blüthenblättern der *Calendula* (Fig. 49), den *Crocusnarben* u. a. überzeugen.

Durch Einlegen der Schnitte in Medien von gleichem Brechungsindex wie das fette Oel, z. B. fettes Oel selbst, sowie in solche, die eine Entmischung des fettführenden Plasmas nicht hervorrufen, z. B. Glycerin oder solche, die das Oel lösen, wie Aether, kann man die die Beobachtung der anderen Zellbestandtheile oft sehr störenden Oeltröpfchen unsichtbar machen oder entfernen.

Fig. 49.

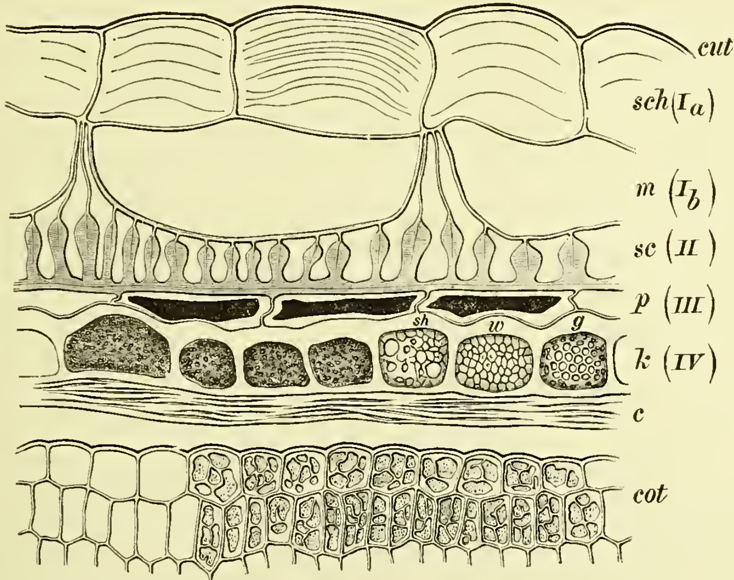


Oberhaut *ep* der *Calendula*-Zungen (gegen den rinnigen Grund des Blattes) mit den Haaren (*h*) (Möller). Die Zellen enthalten Tropfen fetten Oeles.

Durch diese innige Mischung oder Verbindung mit dem Plasma der Zelle wird das fette Oel sehr wirksam gegen Oxydation geschützt, die sich in der Form des Ranzigwerdens sofort geltend macht, wenn man die feuchten Samen zerkleinert oder das Pulver der trockenen Samen Feuchtigkeit anzieht und sich entmischt. Doch kommt das fette Oel auch da und dort in der Pflanze vor, ohne an Plasma gebunden zu sein, so namentlich in vegetativen *(Schimmel)* und Ruhezuständen der Pilze, z. B. den Sclerotien von *Claviceps purpurea Tul.*, dem sogenannten *Mutterkorn* (35%). Auch in einigen Wurzeln, z. B. der *Rad. senegae*, *Rad. gentian.* der Wurzel von *Cyperus esculentus*, *Glycyrrhiza glabra* und im Fruchtfleisch der *Olive*, scheint das fette Oel nicht an Plasma gebunden zu sein. Es bildet alsdann helle, schwach lichtbrechende, durch Alkannatinctur sich roth färbende Tropfen ohne dunklen Rand, ist daher stets leicht von Luftblasen zu unterscheiden. Bei den niederen Pflanzen scheint fettes Oel ganz allgemein in den Reproductionsorganen vorzukommen und neben Glycogen der verbreitetste, oft alleinige, Reservestoff zu sein. Wohl alle Sporen enthalten es. In den Sporen von *Lycopodium* (dem *Lycopodium* der Apotheken) ist es zu 50% enthalten und kann leicht sichtbar gemacht werden, wenn man das Sporen-

pulver in Schwefelsäure legt und die Membranen durch Druck auf das Deckglas zersprengt: es tritt alsdann aus jeder Spore ein grosser Oeltropfen

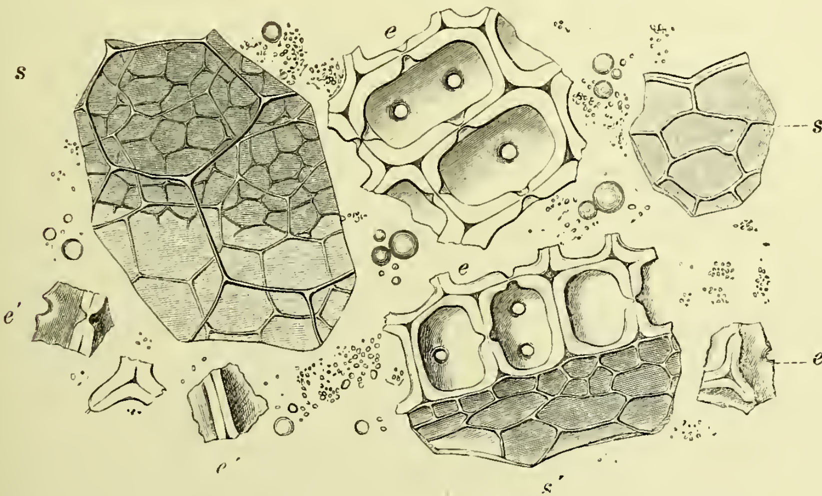
Fig. 50.



Querschnitt durch die Randpartie des Samens von *Sinapis nigra*. *cut* Cuticula, *sch (Ia)* Schleimschicht, *m (Ib)* Mittelschicht, *sc (II)* Sclereïdenschicht, *p (III)* Pigmentschicht, *k (IV)* „Kleber"-(Oel) Schicht, *c* Nährgewebe (collabirt), *cot* Cotyledonargewebe mit Aleuron erfüllt, *g*, *w*, *sh* in *k (IV)* successive Stadien der Zerstörung des Aleurons durch Wasser, in *sh* Oeltröpfchen (Tschirch).

hervor. Auch in den Pollenkörnern findet sich meist fettes Oel. Auch

Fig. 51.



Sem. Colchici (Colchicum autumnale). Elemente des Pulvers in Wasser, *e*, *e'* Fragmente des Endosperms, *s* Fragmente der Samenschale, dazwischen Oeltröpfchen und Aleurongloboide (Vogl).

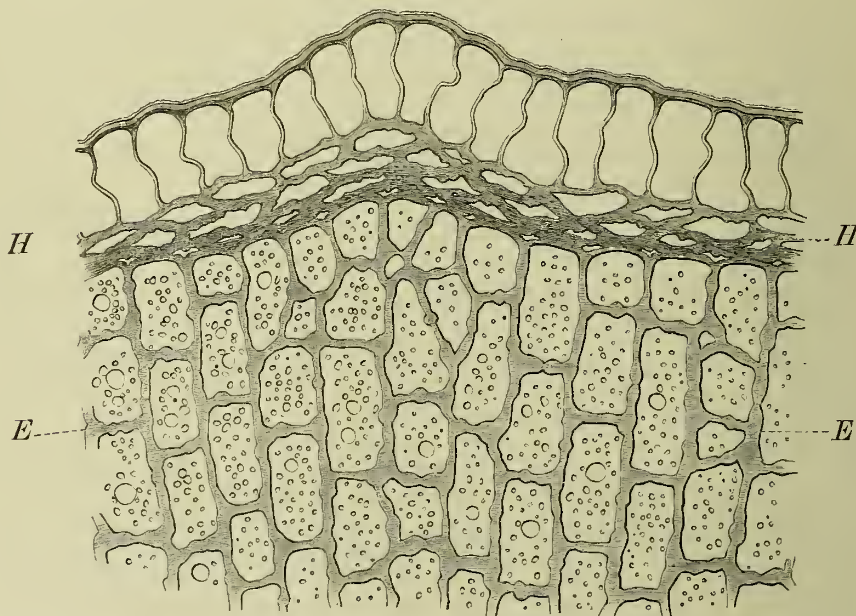
hier ist es Reservestoff und liefert das Material für die Entwicklung des Pollenschlauches. [1])

[1]) In einigen Pollenkörnern fand Nägeli Stärke (Die Stärkekörner, S. 388).

Weniger häufig ist das Vorkommen fester F e t t e in den Pflanzenzellen. Dasselbe ist beschränkt auf die Früchte und Samen einiger Familien. So findet sich festes Fett, in Form von Blättchen, bezw. Massen, oder freie Fettsäure in Form von Nadeln, bezw. Nadelbüscheln, in den Samen der *Myristica*-Arten (schön z. B. in der *Muskatnuss*, der *Ucuhuba* und *Bicuiba)*, den *Cacaosamen*, in den *Kokkelskörnern*, in den Samen von *Pourretia platanifolia (Oiticica)*, *Bertholletia excelsa (Paranuss)*, *Laurus nobilis, Cocos nucifera, Elaëis guineensis,* bei letzterer Pflanze auch im Mesocarp.

Von der Fett-, bezw. Fettsäurenatur dieser Bildungen, kann man sich auf's leichteste dadurch überzeugen, dass man das in Wasser liegende Präparat etwas erwärmt: Fett und Fettsäuren schmelzen alsdann zu runden, in Schwefelsäure unlöslichen Tropfen. Eine noch charakteristischere Reaction ist folgende: Man legt den Schnitt in Glycerin und erwärmt; die Fette und Fettsäuren schmelzen zuerst zu Tropfen und kristallisiren alsdann beim langsamen Erkalten zu schönen, aus langen Nadeln bestehenden

Fig. 52.



Sem. Sabadillae (Sabadilla officinalis). Querschnitt durch die Randpartie des Samens in Wasser liegend (Aleuron zersetzt). *H* Samenschale. *E* Endosperm mit Oeltropfen und Aleuronglobolden. Tüpfelung nicht ganz richtig! (V o g l).

Büscheln aus. Aber nicht nur im Innern der Samen, also im Endosperm *(Cocos nucifera, Muskatnuss* und anderen *Myristicaceen)* oder den Cotyledonen *(Cacao, Tonkobohnen, Pichurimcotylen)*, sondern auch in und auf den Samen, bezw. Fruchtschalen und in der Samenhaut findet sich bisweilen festes Fett. So überzieht z. B. die Oberfläche der schwarzen Samen von *Stillingia sebifera (Euphorbiacee)* ein Talgüberzug, und bei *Peckia (Cybianthus) butyrosus (Sapindacee)* hat jede der vier Nüsse eine, mehrere Millimeter dicke Rinde, deren innerer Theil eine gelbe, blätterige fettartige Substanz bildet, deren Genese noch zu untersuchen ist. Bei *Theobroma Cacao* liegen auch in den Zellen der Samenhaut zahlreiche Fettkristalle.[1]) Bei der Oelpalme *(Elaëis guineensis)* ist das Fett (Palmöl) in den Fruchthüllen (Meso-

[1]) Tschirch, Anatomie des Cacaosamens. Arch. d. Pharm. 1887, Fig. 6.

carp) enthalten, ebenso bei *Astrocaryum vulgare* (Aouaraöl) und den japanischen Wachsbäumen (*Rhus succedanea* und *vernicifera*).

Mikrochemisch sind Fette und Oele leicht durch ihre Löslichkeit in Aether, Schwefelkohlenstoff, Benzol (einige, z. B. Ricinusöl, sind auch in starkem Alkohol löslich), sowie durch die oben beschriebene Schwefelsäurereaction und die Schwärzung, die sie durch eine verdünnte (1%) Lösung von Osmiumsäure erfahren, zu charakterisiren. Letztere Reaction benützt man beim Nachweise sehr kleiner Mengen mit Erfolg (s. oben).

Die Menge des in Früchten und Samen (nur diese werden technisch auf Oel verarbeitet) enthaltenen fetten Oeles, bezw. Fettes, ist sehr verschieden. Es enthalten z. B.:

	Procente
Sesamsamen	45—90
Ucuhubasamen	72·5 [1]
Mandeln	50—55
Cacaosamen	42—54 [2]
Mohn	54·5
Leinsamen	27—35
Schwarzer Senf	24—34
Muscatnüsse	25—30
Kaffee	10—13
Pichurimcotylen	10
Ricinussamen	50—60
Olive	12—20
Baumwollensamen	15—20
Helianthussamen	20—25
Colchicumsamen	6—8
Kokkelskörner	11—15—23
Lorbeersamen	23—30
Coloquintensamen	17
Hanfsamen	35
Sem. Faenugraeci	6
Sem. Sabadillae	10
Ferner:	
Rad. gentian.	6
Rad. senegae	8·5

Die Consistenz der Fette und Oele ist sehr verschieden; bald sind sie fest (*Cacao*), bald butterweich (*Laurus nobilis*), bald flüssig (*Amygdalus*). Chemisch betrachtet sind es stets Glycerinäther mit Säuren der Fettreihe (z. B. Stearinsäure) oder der Acrylreihe (Oelsäure) oder anderer Reihen. Folgende Fettsäuren sind in Pflanzenfetten nachgewiesen: Myristicinsäure (*Muscatnuss*), Stearinsäure (*Cacao*, *Kokkelskörner*), Oleinsäure (*Mandel*), Palmitinsäure (*Kokkelskörner*), Leinölsäure (*Papaver*, *Linum*), Behensäure und Erucasäure (*Senf*), Laurinsäure (*Lorbeer*); an diese schliessen sich noch viele andere an. Wenn eine Zerlegung der Fette schon in der Pflanze selbst stattfindet, was nicht selten vorkommt, die Fettsäuren also vom Glycerin getrennt werden, so krystallisiren die Fettsäuren oft in Nadeln aus. Solche Fettsäurenadeln findet man in den *Kokkelskörnern* (Stearinsäure), der *Ucuhuba*, der *Muscatnuss*, dem *Cacaosamen* u. a.

Sehr bemerkenswerth ist es, dass das Oel oder Fett, das sich in den Pflanzen findet, niemals aus dem Glycerinäther einer Fettsäure besteht,

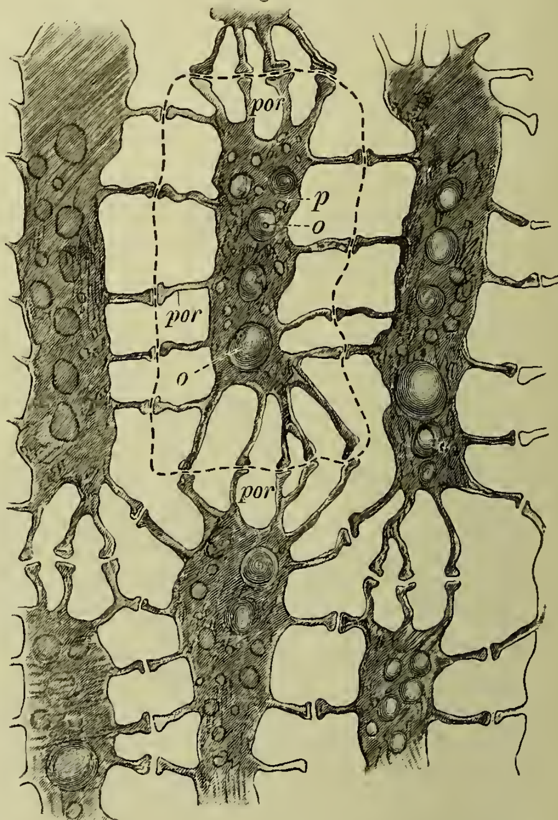
---

[1]) Tschirch, Ucuhuba, der Samen von Myristica surinamensis. Arch. d. Pharm. 1887.

[2]) Flückiger, Pharmakognosie. II. Aufl. Hier finden sich zuverlässige Angaben. Vergl. auch Husemann-Hilger, Pflanzenstoffe; Schädler, Technologie der Fette; König, Nahrungsmittel, und den Artikel „Fett" in der Real-Encyklopädie der ges. Pharm., Bd. IV, S. 318.

sondern stets Gemenge verschiedener Fettsäureäther darstellt. Doch pflegt eine der Säuren quantitativ zu überwiegen. So ist z. B. das Fett der *Kokkelskörner* der Glycerinäther der Stearin-, Oleïn- und Palmitinsäure, das Fett des *Lorbeersamen* der Glycerinäther der Laurinsäure und der Oleinsäure und das Fett des *Cacaosamen* besteht aus Stearin, Palmitin, Arachin, Olein und Laurostearin, das des *Leinsamen* vorwiegend aus dem Glycerinäther der Leinölsäure und das der Mandeln vorwiegend aus dem der Oelsäure, das Oel des *Senfsamen*, aus dem Glycerinäther der Behen- und Erucasäure, das Fett der Muscatnüsse aus dem der Myristicinsäure, Stearin- und Oleinsäure u. s. f. Oft sind Fettsäuren auch mit ätherischen Oelen in der Pflanze gemengt zu finden *(Flor. tiliae, Rhiz. iridis.:* Lindenblüthen- und Veilchenwurzelkampher, *Flor. chamomillae).*

Fig. 53.



Zellen aus dem Endosperm des Samens von *Phytelephas macrocarpa* (vegetabil. Elfenbein). *por* Tüpfel, der Inhalt durch Erwärmen mit Wasser zerstört, *o* Fetttropfen, *p* Plasma (Tschirch).

Auch das die Verkorkung der Membranen (s. Zellmembran) bedingende Suberin ist neuerdings als ein Fettkörper erkannt worden[1]), nämlich als der Glycerinäther der Phellonsäure und Stearinsäure.

Ernährungsphysiologisch verhalten sich die Fettkörper wie Kohlehydrate und sind auch im Stande, dieselben zu ersetzen; so pflegt für gewöhnlich dort, wo Stärke fehlt, Oel an seiner Stelle aufzutreten. Stärke und Fett finden sich jedoch im *Cacao-* und *Myristicasamen.*

Die wichtigsten Oelpflanzen sind:[2])

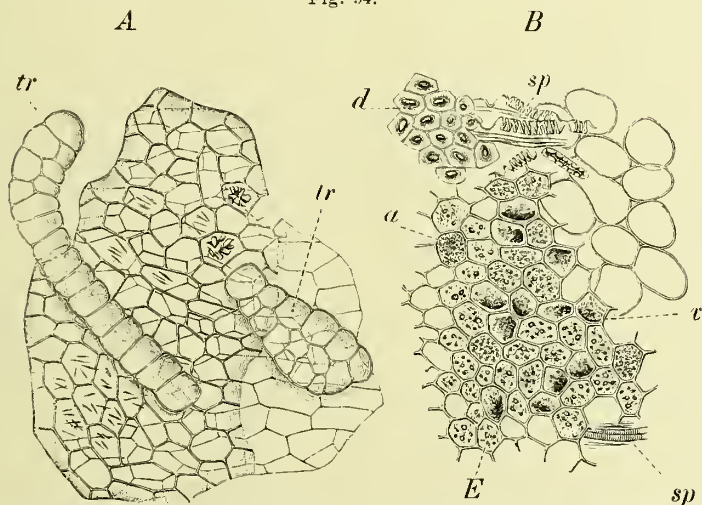
Arachis hypogaea L. (Samen) — Erdnussöl.
Amygdalus communis L. (Samen) — Mandelöl.
Trichilia emetica Vahl (Samen) — Mafoureiraöl.
Gossypium herbaceum L. (Samen) — Baumwollöl.
Linum usitatissimum L. (Samen) — Leinöl.
Ricinus communis L. (Samen) — Ricinusöl.
Schleicheria trijuga Willd. (Samen) — Macassaröl.
Brassica Napus L. (Samen) – Rapsöl.
Papaver somniferum L. (Samen) — Mohnöl.
Cannabis sativa L. (Samen) — Hanföl.
Argania sideroxylon R. et S. (Samen) — Arganöl.
Olea europaea (Fruchtfleisch) — Olivenöl.
Sesamum indicum L. u. oriental L. (Samen) — Sesamöl.
Helianthus annuus L. (Früchte) — Sonnenblumenöl.

[1]) Kügler, Ueber den Kork von Quercus Suber. Arch. d. Pharm. 1884, S. 217.
[2]) Ein vollständiges Verzeichniss der Fettpflanzen findet sich in Frank-Leunis, Sypnosis. I, S. 862.

Die wichtigsten Fettpflanzen sind:

Irwingia Barteri Hooker (Samen) — Dikafett.
Caraba guianensis Aubl. und *C. Touloucana Perdt.* (Samen) — Carapafett.
Vateria indica L. (Samen) — Vateriafett.
Hopea macrophylla de Vr. (Samen) — Borneotalg.
Theobroma Cacao L. (Samen) — Cacaobutter.
Stillingia sebifera Willd. (Samen) — Chines. Talg.
Myristica moschata Thnbg. (Samen) — Muscatbutter.
M. Otoba H. et B. (Samen) — Otobafett.
M. officinalis Mart. (Samen) — Bicuibafett.
Virola sebifera Aubl. (Samen) — Virolafett.
Laurus nobilis L. (Samen) — Lorbeeröl.
Bassia butyracea Roxb. u. a. (Samen) — Bassiafett.
Cocos nucifera L. (Endosperm: Kopra) — Cocosöl.
Elaëis guineensis L. (Endosperm) — Palmöl.

Fig. 54.



Aus dem *Cacaosamen.* Vergr. 160. *A* Samenhaut mit Fettkristallen und den ihr aufliegenden charakteristischen Haargebilden *tr*, *B* Cotyledonargewebe mit den Fett, Eiweiss und Stärke enthaltenden Zellen (*a* Inhalt zerstört) und den Farbstoffzellen *v* (Möller).

Stärke.

Die Stärke, Amylum [1]), Stärkemehl, Satzmehl, kommt in der Pflanze je nach ihrer Bildungsweise in zwei Formen: als Assimilationsstärke und als Stärke der Stärkebildner oder Leucoplasten (s. diese) und nach ihrem Vorkommen und ihrer physiologischen Bedeutung ebenfalls in zwei Formen: als Reservestärke und als transitorische Stärke vor.

In letzter Linie verdankt die gesammte Stärke, wie überhaupt alle kohlenstoffhaltigen Bestandtheile der Pflanze, dem Assimilationsprocesse ihre Entstehung, also ist auch die Stärke der Stärkebildner, die Reserve- und transitorische Stärke streng genommen im weiteren Sinne Assimilationsstärke und daher die letztere die Muttersubstanz aller Stärke der Pflanze.

Der Assimilationsprocess beruht in einer Umwandlung der Kohlensäure der Luft (H_2CO_3), in kohlenstoffhaltige, organische Substanzen und geht vor sich in den Chlorophyllkörnern (s. d.) unter dem Einflusse des Lichtes.[2]) Man wird daher in diesen die Producte jenes Processes, die so-

---

[1]) Von α privativum und μύλη Mühle, weil es ohne Mühle gewonnen werden kann.

[2]) Auch Kalium scheint zur Stärkebildung im Chlorophyllkorn nothwendig zu sein (Nobbe). Neuere Untersuchungen von Lüpke bestätigen diese Angabe Nobbe's, wenigstens für *Phaseolus*, nicht.

genannten Assimilationsproducte, auffinden. Welches das erste dieser Producte ist, wissen wir nicht; das erste, sichtbare ist jedenfalls Stärke.[1]) Wenn man daher die Chlorophyllkörner grüner, dem Lichte ausgesetzter Organe, z. B. der Blätter, untersucht, so wird man mehr oder weniger grosse Stärkeeinschlüsse in ihnen finden. Man braucht nur Jod zum Präparate zufliessen zu lassen, um sofort die kleinen, rundlichen oder spindelförmigen (0·1—3 Mik.) in der Ein- oder Mehrzahl vorhandenen Stärkekörner in den Chloroplasten hervortreten zu sehen (Fig. 45). Diese, in den Chlorophyllkörnern vorkommende, stets sehr kleinkörnige Stärke ist die Assimilationsstärke im engeren Sinne oder autochthone [2]) Stärke. Sie wird in den Chlorophyllkörnern während der Vegetationszeit nur auf kurze Zeit aufgespeichert. Schon in der Nacht, wenn der Assimilationsprocess ruht, wird sie aufgelöst, d. h. in lösliche Kohlehydrate übergeführt. Sie verlässt, da sie in Form von Stärke von Zelle zu Zelle nicht wandern kann, nach erfolgter Auflösung das Chlorophyllkorn und wandert aus der Zelle aus. Die Form, in der die Stärke wandert, ist vorwiegend Zucker. Der Strom der gelösten Assimilate geht zu der Zeit, während welcher die Pflanze wächst, nach den Orten stärksten Verbrauches, d. h. in erster Linie nach den Vegetationspunkten des Stengels und der Wurzel, wo zu der Bildung neuer Zellmembranen fortdauernd viel Kohlehydrate gebraucht werden, in zweiter Linie an die Orte, wo die Pflanze an schon gebildeten Zellen, zu bestimmten Zwecken nothwendige Wandverdickungen bilden muss, oder ein Flächenwachsthum der Zelle nothwendig ist. Die Stärke liefert also das Material für die Cellulosemembranen der Pflanzen, gehört demnach zu den Zellhautbildnern. Da die Kohlehydrate an beiden Bildungsherden nicht genau proportional der Zuführung auch verbraucht werden, so kommt es, dass sie das Bestreben zeigen, sich wieder vorübergehend in fester Form gewissermassen „niederzuschlagen". Diese feste Form ist nun wiederum die der Stärke. Sie bildet aber, da sie bald wieder aufgelöst wird, nur ein Uebergangsstadium und man nennt sie daher transitorische, Uebergangs- oder Wanderstärke. Solche transitorische Stärke findet sich in den Stengeln und Wurzeln besonders im Leitparenchym von Rinde und Mark wachsender Pflanzen reichlich. Sie ist stets sehr kleinkörnig, 2·5—5·5 Mik. sind häufige Werthe. Die Körner sind rund. Auch die in einigen Früchten *(Olive, Coriander, Conium)*, Fruchtständen *(Juniperus, Feige)* und Samen *(Cydonia, Linum, Sojabohne, Sinapis alba)*, bei letzteren, besonders in der später obliterirenden „Nährschicht", Nährgewebe (s. Fortpflanzungssystem) vor der Reife auftretende, später meist wieder verschwindende Stärke ist transitorische, ebenso die in den vorher stärkefreien Cotyledonen der mit Schleimendosperm versehenen Samen *(Leguminosen)* nach erfolgter Keimung, also beginnender Auflösung des Schleimendosperms, auftretende. An den Stellen, wo besonders viel Material und zu einer Zeit, wo die Assimilation ruht, zu den, vornehmlich in der Nacht vor sich gehenden, Wachsthumsprocessen verbraucht wird, z. B. an der Wurzelspitze und in der Nähe sich verdickender Bastzellen oder Holzelemente, werden wir besonders viel transitorische Stärke erwarten dürfen. Dies ist denn auch der Fall. Die die Wurzelspitze behüllende Wurzelhaube ist ebenso wie die, die einzelnen Gefässbündel oder den Gefässbündelring umscheidende Stärkescheide, solange die Wurzel wächst und die Gefässbündelelemente und die sie begleitenden Bastzellen ihre definitive Ausbildung noch nicht erreicht haben [3]), mit Stärke reichlich erfüllt, oft so stark, dass sie gewissermassen vorübergehende Stärkespeicher, ambulante Magazine, darstellen.

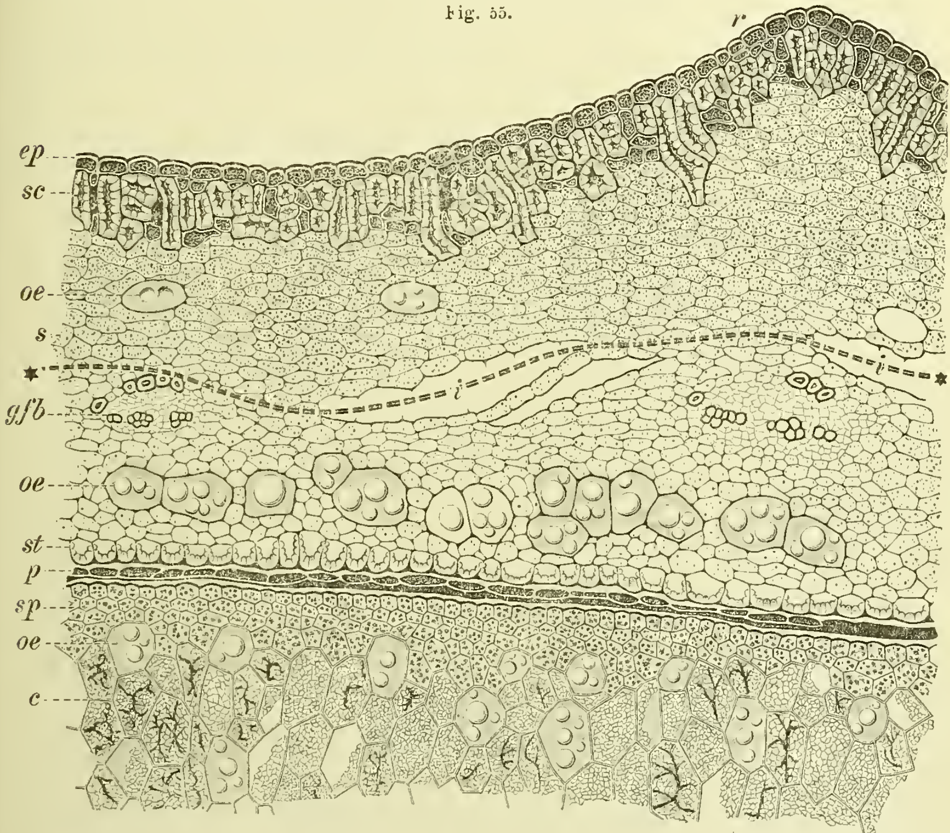
[1]) Oder fettes Oel.

[2]) αὐτόχθων, aus dem Lande selbst hervorgegangen.

[3]) Vergl. Frank und Heine in Ber. d. d. bot. Ges. 1885, S. 189.

Mit der vollständigen Ausbildung der Vegetationsorgane und der Blüthe ändert sich das Bild. Jetzt sind Kohlehydrate an den Vegetationspunkten und in den Geweben nicht mehr erforderlich, erstere wachsen im Wesentlichen nicht weiter und letztere haben ihre definitive Ausbildung erlangt. Jetzt muss die Pflanze für die Zukunft sorgen, nicht mehr für die jetzt lebende, sondern für die nächste Generation, sie muss Material in möglichst umfangreichem Masse aufspeichern, also Stärkedepots gründen. Bei einjährigen Pflanzen sind die Samen die alleinigen Speicher von Reservematerial, bei den mehrjährigen sind es auch die den Winter überdauernden Organe; wo der Stamm abstirbt, Rhizom, Wurzel, Knollen, Zwiebel, wo der Stamm erhalten bleibt auch dieser selbst (vergl. hinten Speichergewebe). Die Assimilate wandern nun dorthin und häufen sich in

Fig. 55.



Querschnitt durch die Randpartie des *schwarzen Pfeffers*. *ep* Epidermis, *sc* Sclereïdenschicht, *oe* Oelzellen, *s* Parenchym, *gfb* Gefässbündel mit Bastzellbelegen, *st* innere Sclereïdenschicht, *p* Pigmentschicht, *sp* Aleuronschicht, *c* Stärkezellen des Perisperms (Tschirch).

diesen Reservebehältern immer mehr und mehr an. Die Kohlehydrate [1]) werden in Form von Zucker (*Zuckerrübe*), Inulin (*Compositenwurzeln*), Cellulose (*Palmensamen* [*Phytelephas*], *Strychnos nux vomica*), Membranschleim (*Trigonella Foenum Graecum*), meist aber in Form von Stärke gespeichert und diese Stärke nennt man nach ihrer Function Reservestärke. Solche Reservestärke finden wir in grösster Menge in Früchten (*Banane*), Samen (*Cerealien*, *Hülsenfrüchten*, *Pfeffer*, *Cubeben*, *Quercus*), Rhizomen (*Iris*, *Kalmus*, *Galgant*, *Ingwer*, *Filix Mas*, *Maranta*, *Asarum*,

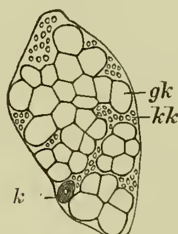
[1]) Ausser Kohlehydraten kommen auch Eiweisssubstanzen, fettes Oel u. a. als Reservestoffe in der Pflanze vor. Bezüglich ihrer Speicherung verhalten sie sich ebenso.

Rhabarber), Wurzeln *(Sassaparilla, Althaea, Liquiritia, Ipecacuanha, Palmyrapalme, Belladonna, Ratanhia)*, Wurzelknollen *(Tapioca, Orchis)*, Stammknollen *(Kartoffel, Tub. chinae, Jalape, Colchicum)*, im Grundparenchym einiger Bäume *(Sagopalme)* und besonders den Markstrahlen aller Laub- und Nadelhölzer während der Vegetationsruhe, ja selbst das Assimilationssystem überwinternder Blätter kann zum Reservebehälter werden (s. oben S. 60).

Oftmals mag dieselbe ohne Beihilfe geformter Stärkebildner aus der Lösung der Kohlehydrate, gewissermassen durch Auskristallisiren entstehen, in den bei Weiten meisten Fällen jedoch scheint, wie besonders Schimper zeigte, bei der Umformung gelöster Kohlehydrate in Reservestärke ein Stärkebildner als Leucoplast betheiligt. So wissen wir z. B., dass in zahlreichen Rhizomen *(Iris)* und Wurzeln *(Ipecacuanha)* die gesammte in ihnen vorhandene Stärke mit Hilfe von Leucoplasten aus den, von den Blättern zugeführten, gelösten Kohlehydraten gebildet wurde und auch für die in den Samen, sowohl in den Cotyledonen *(Physostigma, Erbse, Bohne)*, als in dem Endosperm *(Cerealien)* und dem Perisperm *(Pfeffer)* enthaltene Reservestärke ist mir dies sehr wahrscheinlich.

Die Reservestärke unterscheidet sich von der Assimilations- und transitorischen Stärke schon durch ihre Grösse. Die Körner sind oft von ganz gewaltigem Umfange (bei der *Kartoffel* 70—140 Mik., beim *Queensland Arrowrot* [*Canna*] 50—145 Mik., bei der *Curcumastärke* [*Tikmehl*] 100 Mik und mehr) und erfüllen, der Regel nach, die Zellen der Reservebehälter dicht, oft so dicht, dass ausser für den Zellkern für nichts anderes Platz bleibt (Hornendosperm des *Mais*, *Reis*, *Pfeffers* (Fig. 55), der *Cubeben* u. and.), oder, wenn die Körner lockerer liegen *(Weizen)* auf denselben doch die Abdrücke der benachbarten sichtbar sind (Fig. 57).

Fig. 56.



Zelle aus dem Perisperm der *Cubebe*. *gk* Grosskörner der Stärke, *kk* Kleinkörner der Stärke. (Füllstärke) *k* Zellkern. (Tschirch).

Fig. 57.



Grosskorn der Weizenstärke mit Abdrücken der benachbarten Kleinkörner (Tschirch).

Nur diese Reservestärke ermöglicht und lohnt also eine technische Ausbeutung und in der That sind auch alle Stärkesorten des Handels Reservestärke.

Die Reservestärke wird von der Pflanze in den Reservebehältern so lange aufbewahrt, bis die Vegetationsprocesse im Frühling wieder eingeleitet werden, der Same keimt oder die überwinternde Pflanze neu austreibt. Alsdann wird die Stärke wieder aufgelöst. Endosperm, beziehungsweise Cotyledonen, entleeren sich in dem Verhältniss, als Plumula und Radicula hervortreten, die unterirdischen Knollen und Rhizome werden von Tag zu Tag stärkeärmer, je mehr Knospen austreiben und auch im Stamm verschwindet die Reservestärke. Alle Reservebehälter sind im Frühling und Frühsommer leer, sie haben ihr Material der Pflanze zur Verfügung gestellt. Und sie benöthigt dessen sehr, denn bevor sie nicht neue Blätter besitzt, kann sie sich nicht selbstständig mit Kohlenstoff ernähren und braucht doch allenthalben reichlich kohlenstoffhaltiges Material zum Aufbaue neuer Zellmembranen und stickstoffhaltiges zum Aufbaue des Plasmaleibes. Ersteres liefert ihr die Reservestärke, letzteres das Reserveproteïn, in erster Linie die Aleuronkörner (s. S. 48).

Sobald die Blätter, die Assimilationsorgane par excellence, gebildet sind, beginnt der oben geschilderte Process der Neubildung der Stärke von Neuem. Da alljährlich zu den vorhandenen, in regelmässigem Kreis-

laufe begriffenen Kohlehydraten neue hinzukommen, so wird also die kohlenstoffhaltige Substanz des Pflanzenkörpers vermehrt, der Umfang des Baumes nimmt zu, seine Verästelung wird reicher.

Fig. 58.

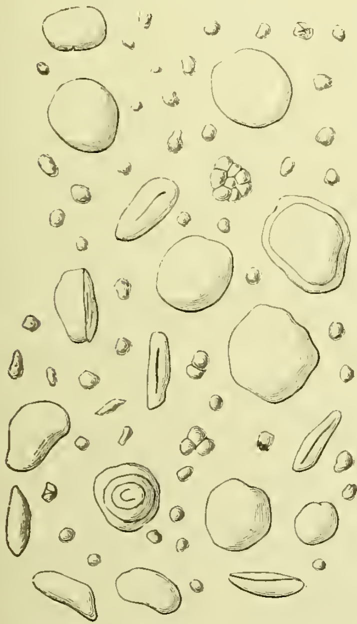


Westind. Arrowroot, Marantastärke. Vergr. 300 (Tschirch).

Die meiste Stärke wird zur Bildung der Cellulosemembranen verwendet, ein Theil jedoch auch zur Umbildung proteïnartiger Körper und zur Unterhaltung der Athmung [1], der Kraftquelle der Pflanze, verbraucht.

Es kann als festgestellt betrachtet werden, dass Stärke nur in lebenden, d. h. Plasma (und Zellkern) führenden Zellen entstehen kann [2], und dass bei Weitem die meiste Stärke im Innern von Chromatophoren gebildet wird.

Fig. 59.



Weizenstärke. Vergr. 300 (Tschirch).

Die Stärke ist im Pflanzenreiche ausserordentlich verbreitet. Sie kommt fast immer in Körnerform vor, doch wurde neuerdings, freilich sehr selten, auch sogenannte lösliche oder gelöste Stärke beobachtet. [3] Die bei vielen Drogen (*Salepknollen*, einige *Aconitknollen*, *Jalape*, *Curcuma*) in den Zellen zu beobachtenden Kleisterballen (Fig. 92) werden durch die Behandlung der betreffenden Drogen mit siedendem Wasser (*Orchis*) oder Erhitzen über freiem Feuer (*Jalape*) nachträglich erzeugt. In der frischen Droge sind auch hier Körner vorhanden. Stärke fehlt nur den Pilzen (wo sie durch Glycogen ersetzt wird), den *Phycochromaceen*, *Diatomeen*, *Fucaceen* und *Florideen* (bei letzteren tritt die sogenannte Florideenstärke [4], die sich mit Jod bräunt, dafür auf. In den Samen wird Stärke oft durch fettes Oel vertreten.

Die Form der Stärke (vergl. im speciellen Theile den Artikel „Stärke") zeigt die grösste Mannigfaltigkeit. Die technisch nicht verwerthete uns hier weniger interessirende, transitorische Stärke ist stets sehr klein und rundlich, die Reservestärke zeigt

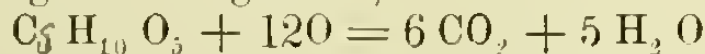
---

[1] Während die Assimilation (Stärke als Endproduct angenommen) etwa nach der Formel



$$6\,CO_2 + 5\,H_2O = C_6H_{10}O_5 + 12\,O$$

verläuft, ist die Athmung ein gerade umgekehrt, etwa nach der Formel



$$C_6H_{10}O_5 + 12\,O = 6\,CO_2 + 5\,H_2O$$

verlaufender Process. Ueber den Process der Assimilation und Athmung sind die physiologischen Handbücher zu vergleichen (PFEFFER, Pflanzenphysiologie; SACHS, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie; FRANK in Synopsis, Bd. I).

[2] So ist z. B. auch in allen stärkeführenden Tracheïden und Holzzellen ein Plasmaleib nachgewiesen worden (SCHOLLER, Unters. über d. Zellkerne in d. stärkeführenden Zellen des Holzes. Dissertation, Jena 1883).

[3] DUFOUR, Recherches sur l'amidon soluble. Bull. soc. vaud des sc. nat. 1886.

[4] Ich halte dieselbe für Amylodextrinstärke.

dagegen die verschiedenste Gestalt.[1]) Die kleineren Körner sind auch hier rund und kugelig *(Cacaocotyledonen, Myristica)*, bei grösseren ist die runde Form, besonders die Kugel *(Jalape* Fig. 91) und runde Scheiben seltener, doch ist deren Umrisslinie meist nicht genau kreisförmig (Weizen-, Roggen-, Gerstenendosperm (Fig. 64, 65).

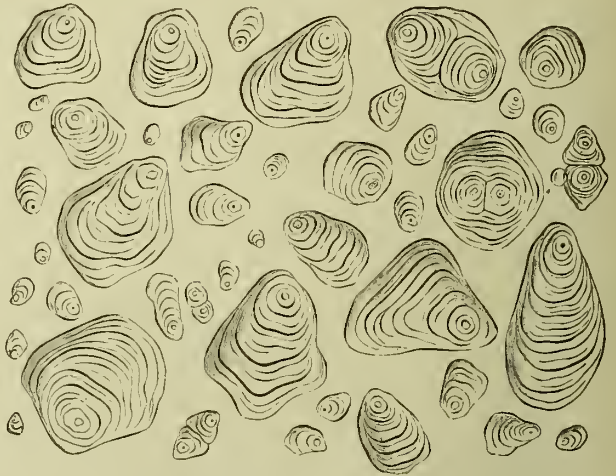


Fig. 60.

Kartoffelstärke. Vergr. 300 (Tschirch).

Ausserdem finden sich ovale *(Bohne, Erbse)*, (Fig. 62), gestreckte *(Bohne)*, stabförmige (Milchsäfte der *Euphorbien)*, nierenförmige *(Physostigma — Bohnen*-Cotyledonen), keulenförmige *(Galangarhizom* (Fig. 82), spindelförmige *(Hafer)*, breitscheibenförmige, dicklinsenförmige *(Ingber)*, sackartige *(Queensland Arrowroot, Curcumastärke* (Fig. 77), kegel-, keil- und beilförmige *(Kartoffel* (Fig. 60), wulstig aufgetriebene *(Erbse, Sago)*, ästige (Rhizom von *Nelumbium speciosum)*, beiderseits oder einseitig genabelte (Spindeln der *Haferstärke, Marantastärke, Zedoariarhizom*), knochenförmige (in den Milchschläuchen von *Euphorbia resinifera* (Fig. 61), buckelige (Schuppen von *Lathraea squamaria, Althaea-*



Fig. 61.

Stärkekörner aus dem Milchsafte von *Euphorbia resinifera* (Tschirch).

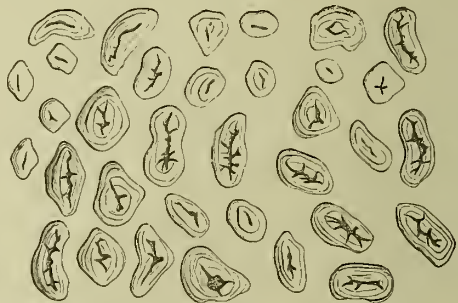


Fig. 62.

Bohnenstärke. Vergr. 300 (Tschirch).

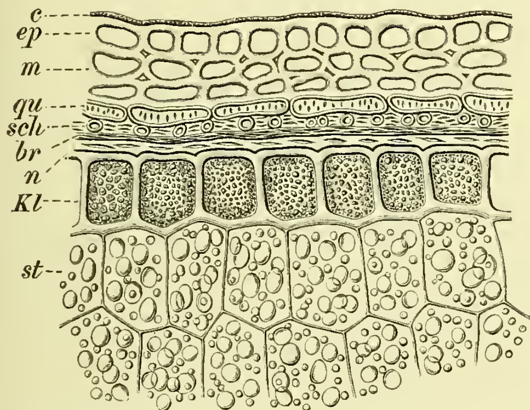
Wurzel), scharfkantig eckige *(Reis, Cubebe, Pfeffer, Mais* (Fig. 66) Körner. Selten sind die Körner einer Zelle oder eines Organs alle gleichgestaltet. Bisweilen kommen hier sogar ziemlich erhebliche Variationen vor, doch

[1]) Ueber die Form- und Grössenverhältnisse der Stärke sind zu vergleichen das mit vielen Tafeln versehene grundlegende Werk von C. Nägeli, Die Stärkekörner, Pflanzenphys., Untersuch., Heft 1. Ferner: Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches, Leipzig 1873; Vogl, Die Nahrungs- und Genussmittel des Pflanzenreiches. Wien 1872; v. Höhnel, Die Stärke und die Mahlproducte, 1882; Möller, Mikroskopie der Nahrungsmittel. Berlin 1886; Flückiger-Tschirch, Grundlagen der Pharmakognosie; Tschirch, Amylum in Real-Encyklopädie d. ges. Pharm., Bd. I, S. 337 u. f.; Tschirch, Archiv d. Pharm. 1883 und 1884; Berg, Anatomischer Atlas; Vogl, Commentar zur österr. Pharmakopöe. Wien 1880 u. a.

ist in fast allen Fällen eine Form, die ich die typische, den „Typus“ genannt habe, vorhanden, die für die betreffende Stärke so charakteristisch ist, dass man sie an ihr leicht erkennen kann, z. B. die grossen unregelmässigen, excentrischen, rhombischen Körner der *Kartoffel*, die nierenförmigen der *Bohne*, die scheibenförmigen des *Weizen*, die genabelten mit gebogenem Spalt der *Marantastärke* u. and. m.

Meist ist die typische Form auch zugleich die am häufigsten vorkommende, die „Hauptform“. Es kann jedoch auch der Fall eintreten, dass die für das betreffende Stärkemehl typische Form in verhältnissmässig geringer Menge vorhanden ist (z. B. die Spindeln im Hafermehl), also Typus und Hauptform sich nicht decken. Solche Formen habe ich mit dem Namen „Leiter“ belegt, da sie bei mikroskopischer Untersuchung von Stärkemehlen, besonders Gemischen, sehr geeignet sind, auf die richtige Fährte zu führen. Meist ist jedoch, wie gesagt, der Typus zugleich auch die Hauptform.

Fig. 63.

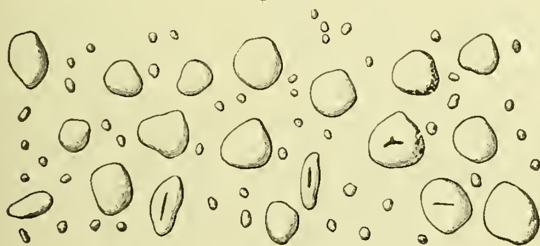


Querschnitt der Randpartie einer *Weizenfrucht*. *ep* Epidermis mit Cuticula, *m* Mittelschicht, *qu* Querzellen, *sch* Schlauchzellen, *br* und *n* Samenhaut, *Kl* „Kleber-“ (Ferment)schicht. *st* Stärkeführendes Endosperm (Tschirch).

Bei Bestimmung der Gestalt ist zu berücksichtigen, dass nicht alle Stärkeformen rundlich-kugelig sind, sondern auch scheibenförmige häufig vorkommen (Grosskörner des Weizens), diese aber, je nachdem man sie von der Fläche oder von der Seite betrachtet, ein sehr verschiedenes Ansehen darbieten. So sind z. B. die Grosskörner der *Cerealien* von der Fläche gesehen kreisförmig, von der Seite dagegen linsenförmig (Fig. 59, 64, 65). Das Gleiche gilt auch vom *ostindischen Arrowroot* [1]) (Fig. 77).

Ob ein Korn rundlich oder scheibenförmig ist, lässt sich durch Rollen unter dem Deckglase entscheiden: man bringt einen Tropfen Wasser seitlich neben das Deckglas des Präparates und saugt an dem anderen Rande desselben mit Fliesspapier das Wasser ab; dadurch gerathen die Körner in's Rollen und zeigen, wenn sie scheibenförmig waren, bald die Breit- bald die Schmalseite.

Fig. 64.



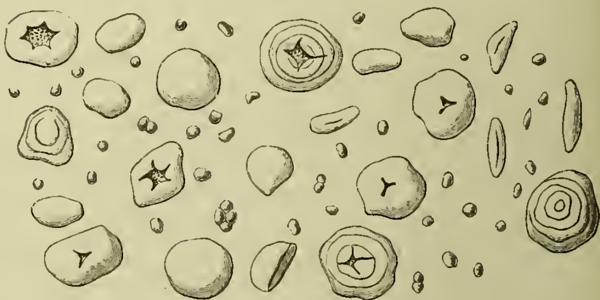
Gerstenstärke. Vergr. 300 (Tschirch).

Die Form der Stärkekörner verschiedener Provenienz ist bei den im Handel befindlichen Stärkemehlen nur selten so ähnlich, dass man die betreffenden Mehle gar nicht oder nur schwierig an der Form der Stärkekörner zu unterscheiden vermag *(Weizen, Roggen, Gerste)* und zu anderen Hilfsmitteln (Grössenbestimmung, Herbeiziehung anderer Beimengungen, wie Haare etc.) seine Zuflucht nehmen muss.

[1]) Unter dem Namen *Arrowroot* werden alle tropischen Stärkesorten zusammengefasst.

Aber auch bei den gewöhnlichen Stärkeuntersuchungen spielt die Grössenbestimmung eine hervorragende Rolle. Der Mikrometer (vergl. oben S. 18) ist in der That eines der nothwendigsten Instrumente bei Stärkemehlprüfungen. Die Messungen mit dem in das Ocular einzufügenden empirischen Massstabe, dessen Theilstriche ihrem Werthe nach vorher genau zu bestimmen sind, werden hier in der Weise ausgeführt, dass man sowohl die Länge, als die Breite der Körner bestimmt. Meist pflegt man freilich nur die Länge anzugeben und die im speciellen Theile mitgetheilten Werthe beziehen sich auch nur auf diese und genügen zur Diagnose, doch gehört natürlich zu einer erschöpfenden Angabe bei allen den Körnern, bei denen der Durchmesser in der einen Richtung grösser als in der anderen ist, auch eine Notiz über die Breite. Für gewöhnlich setzt man alsdann die Länge als Zähler, die Breite als Nenner (z. B. $\frac{9}{5}$ Mik., d. h. 9 Mik. lang und 5 Mik. breit).

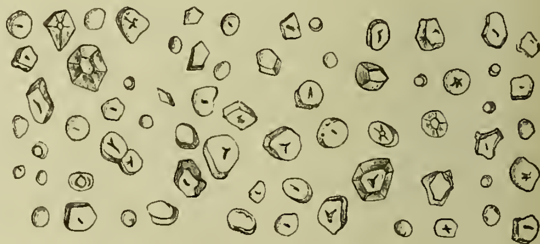
Fig. 65.



Roggenstärke. Vergr. 300 (Tschirch).

Wenn die Grössenbestimmung bei jeder Stärkemehluntersuchung wichtig ist, ist sie, wenn Körner ungefähr derselben Gestalt, aber verschiedener Grösse vorliegen (*Mais*, *Reis*, *Hafer* — Zimmecassie und Ceylon-Zimmet —), unerlässlich und ausschlaggebend. Im Allgemeinen genügt es 50—100 Messungen zu machen, und aus diesen festzustellen: 1. die Grenzwerthe (Minimal- und Maximalgrösse) und 2. die am häufigsten vorkommenden Werthe. Eine Durchschnittsbestimmung aller in einem Mehle vorkommenden Körner hat wenig und nur dann Zweck, wenn die Körner eines Stärkemehles alle von nahezu derselben Grösse sind (*Pfeffer*, *Cacao*, Grosskörner des *Weizens*); meist sind jedoch in demselben Mehle verschiedene Grössen vertreten. Sie ist völlig nutzlos, wo neben grossen auch kleine und mittlere Körner vorkommen, wo also der Durchschnittswerth nur die Grösse der mittleren Körner angeben würde (*Kartoffel*). Wo zwei in ihrer Grösse streng von einander geschiedene Körner in ein und demselben Mehle vorkommen (*Weizen*, *Roggen*, *Gerste*, *Cubeben*), werden beide gesondert gemessen. In dem speciellen Theile (s. besonders *Amylum*) habe ich das oben erörterte Princip befolgt. Es ist von mir in der Praxis unzählige Male geprüft worden und hat sich stets bewährt.

Fig. 66.



Maisstärke. Vergr. 300 (Tschirch).

Die Grösse der Stärkekörner variirt ausserordentlich. Die Assimilationsstärke ist stets sehr klein und beträgt oft nur den Bruchtheil eines Mikromillimeters, auch die transitorische Stärke erreicht nur sehr geringe Grössen (einen oder wenige Mikromillimeter, vergl. S. 76), die Reservestärke dagegen ist, für gewöhnlich wenigstens, von recht erheblichem Durchmesser.

Klein ist sie für gewöhnlich nur dort, wo sie neben anderen Reservestoffen (Fett, Aleuron) im Samen vorkommt (Cotyledonen des *Sem. faenugraeci*). Doch erreicht sie auch hier manchmal recht erhebliche Grössen, besonders wenn die anderen Reservestoffe ihr gegenüber an Menge zurücktreten *(Muscatnuss)*. Die nur stärkeführenden Samen besitzen der Regel nach grosse Stärkekörner, doch sind sie beim *Reis* und *Lolium* relativ klein, bei *Chenopodium Quinoa*, dem *Pfeffer*, den *Cardamomen*, den *Runkelrübensamen* meist sogar sehr klein (1—2 Mik und weniger). Die grössten Stärkekörner finden sich in den unterirdischen Reservebehältern (Rhizomen, Knollen). Folgende Tabelle gibt in Durchschnittszahlen ein Bild der Verschiedenheiten in der Grösse:

Transitorische Stärke aus dem Hypocotyl einer keimenden *Maispflanze* 0·5—3 Mik.,
Assimilationsstärke aus dem Chlorophyllkorn des Blattes einer *Bohnenpflanze* 0·3—1·5 Mik.,
Reservestärke aus dem *Pfefferperisperm* 0·5—5·5 Mik.,
„ „ den *Cacaocotyledonen* 1·5—7·5 Mik.,
„ „ dem *Muscatsamenendosperm* 3—14 Mik.,
„ „ „ *Reissamenendosperm* meist 4·5—6 Mik.,
„ „ „ *Maissamenendosperm* meist 10—18 Mik.,
„ „ den *Bohnencotyledonen* meist 20—40 Mik.,
„ „ „ *Erbsencotyledonen* bis 70 Mik.,
„ „ dem *Weizenendosperm*
Grosskörner meist 28—33 Mik.,
Kleinkörner meist 6—7 Mik.,
„ „ „ *Cubebenperisperm*
Grosskörner 8—14 Mik.,
Kleinkörner 2—3 Mik.,
„ „ „ *Cardamomenperisperm* 1—4 Mik.,
„ „ den *Tub. jalapae* 10—55 (meist 20—35) Mik.,
„ „ der *Rhiz. calami* 1—8 Mik.,
„ „ „ *Rad. colombo* 10—58 (meist 32—40) Mik.,
„ „ „ *Rad. glycyrrhizae* 1·5, 7—20 Mik.,
„ „ „ *Rad. valerian.* 10—20 Mik.,
„ „ „ *Rad. althaeae* 6—16 (meist 8) Mik.,
„ „ den *Gallae Mosul.* 21—25 Mik.,
„ „ dem *Kartoffelknollen* 5—145, die grossen meist 70, 90, 100 Mik.,
„ „ „ *Marantarhizom (Marantastärke)* meist 40—45 Mik.,
„ „ „ *Curcumarhizom (Tikmehl* von *C. leucorhiza)* 21—145, meist etwa 100 Mik.,
„ „ „ *Cannarhizom (Queensland Arrowroot)* 14—170, meist 50 bis 70 Mik.

Vergl. im Uebrigen den speciellen Theil.

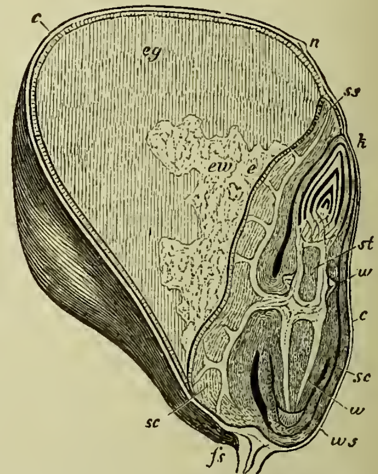
Wie die Grösse, so schwankt auch der Cubikinhalt der Stärkekörner sehr.[1]) Die Reisstärkekörner haben z. B. 60—100 Cubikmik., die grossen Kartoffelstärkekörner circa 300.000—400.000 Cubikmik. Inhalt.

Es kann als Regel gelten, dass die inneren Theile der Reservebehälter grössere Körner enthalten wie die peripherischen *(Kartoffel)*. Die Stärkekörner sind, wenn sie 150 Mik. an Grösse erreichen, z. B. beim *Queensland Arrowroot*, mit blossem Auge leicht als helle Pünktchen wahrzunehmen. Schon mit blossem Auge und einer Lupe lassen sich demnach die Grössenunterschiede einiger der Sorten des Handels feststellen: Mit

[1]) Vergl. darüber namentlich Nägeli, Stärkekörner.

blossem Auge als feine Pünktchen sichtbar sind die grossen Körner der *Kartoffel*, des *Queensland* — und des *ostindischen Arrowroot*, mit schwacher Lupe leicht sichtbar sind die Grosskörner des *Weizens* und *Sago*, die Körner der *Maranta* und der *Bataten*, mit stärkerer Lupe sieht man die der *Leguminosen* gut, undeutlich die der *Tapioka*, noch undeutlicher die des *Mais*, auch mit starker Lupe sind nicht als Körner wahrnehmbar die des *Reis*, *Buchweizen*, *Hafer*.

Fig. 67.

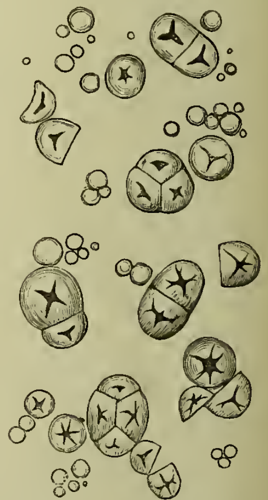


Längsschnitt der Frucht von *Zea Mais* (6mal vergr.). *c* Fruchtschale, *n* Ansatz der Narbe, *fs* Fruchtbasis, *eg* Hornendosperm, *ew* Mehlendosperm, *sc* Scutellum, *ss* Spitze des Scutellums, *e* Saugepithel, *k* Knospe der Plumula von dem Cotyledon bedeckt, *st* Stengelchen der Plumula, *w* Radicula und Nebenwurzeln, *ws* Coleorhiza (Sachs' Lehrbuch).

Die Stärkekörner sind stets farblos. Liegen sie dicht und lückenlos aneinander, so erscheint daher eine solche Schicht farblos und durchsichtig, hornartig (Hornendosperm des *Mais* (Fig. 67 *eg*) *Pfeffer* (Fig. 55), *Cubebe, Reis, Buchweizen*), meist befindet sich jedoch zwischen den locker in der Zelle gehäuften Körnern Luft; daher erscheint ein stärkehaltiger Same im Durchschnitt der Regel nach weiss, wie das daraus bereitete Stärkemehl. Ganz ausnahmsweise finden sich jedoch auch (gelb oder roth) gefärbte Stärkekörner (z. B. bei *Dioscorea alata*). Die Stärkesorten des Handels haben oft einen Stich in's Gelbliche *(Kartoffel)*, besonders gilt dies von den im Winter dargestellten. Die Sorten sind um so höher geschätzt, je weisser sie sind.

Wenn die Stärkekörner einer Zelle oder eines Chromatophors (Chlorophyllkorns oder Stärkebildners) dicht aneinander stossen, so platten sie sich gegenseitig ab und werden oft polyëdrisch, ja können bisweilen ganz regelmässige Dodekaëder oder andere Kristallformen annehmen. So ist es z. B. in den Zellen des Hornendosperms des *Reis* und *Mais*, des *Pfeffer*, der *Cubebe* und des *Buchweizen*. Die schönsten Vielflächner finden sich jedoch unter den Stärkekörnern der *Rhiz. podophylli*. Auf ähnliche Weise kommen aber auch die sogenannten zusammengesetzten Stärkekörner zu Stande. In einem Stärkebildner der *Sarsaparillawurzel* z. B. treten oft nicht an einer, sondern an zwei, drei oder vier Stellen Stärkebildungsheerde auf. Die gebildeten Stärkekörner wachsen bis sie sich berühren, platten sich alsdann gegenseitig ab, und wenn nun der Stärkebildner selbst resorbirt worden ist, sieht man ein aus 2—4 aneinander haftenden Körnern gebildetes zusammengesetztes Stärkekorn in der Zelle liegen. Die Zahl der ein zusammengesetztes Stärkekorn bildenden „Theil- oder Bruchkörner" ist eine ausserordentlich verschiedene. Aus 2 bis 4 Theilkörnern bestehende finden sich bei der *Ipecacuanha*, (Fig. 68) *Manihot* (Fig. 73) der *Sarsaparilla*, dem *Sago* (Fig. 89) *Tub. colchici* 2—20theilige bei der *Muscatnuss* und der *Cubebe* (Fig. 69). Beim *Hafer* sind die zusammengesetzten Stärkekörner aus 10 bis 300 Körnern

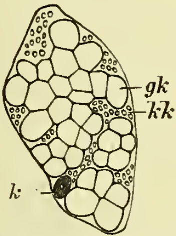
Fig. 68.



Stärke aus dem *Colchicumknollen* (Vogl).

(Fig. 71, 72), bei den Samen von *Chenopodium Quinoa* aus bis zu 14.000, bei den Samen des Spinat gar aus bis zu 30.000 Theilkörnern zusammengesetzt (NÄGELI). Zusammengesetzte Stärkekörner, die aus wenigen Theilkörnern bestehen, sind ausserordentlich häufig. Hoch zusammengesetzte finden sich, ausser in den schon genannten Fällen, noch bei der *Cubebe*, dem *Reis*, sehr kleine bei der *Tonkobohne*, gestreckte bei *Agrostemma Githago* (Fig. 74). Die den Raum zwischen den zusammengesetzten Stärkekörnern ausfüllenden Körner nenne ich „Füllstärke“ (Füllkörner) (Fig. 69 *kk*).

Fig. 69.



Stärkezelle aus dem Perisperm der *Cubebe*. *gk* zusammengesetzte Stärkekörner, *kk* Füllstärke, *k* Zellkern (Tschirch).

Fig. 70.



Reisstärke. (Isolirte und zusammengesetzte Körner.) Vergr. 300 (Tschirch).

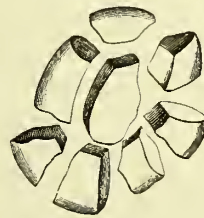
Jedenfalls muss man jetzt mit SCHIMPER annehmen, dass in einem, die Bildung eines zusammengesetzten Stärkekornes einleitenden Stärkebildner ebenso viele Bildungscentren auftreten, als Theilkörner entstehen. Der Umriss wird bei den niedrig zusammengesetzten noch vollständig von den Theilkörnern bedingt (*Sarsaparilla*, *Colchicum*), bei den höher zusammengesetzten ist er meist oval (*Hafer*, Fig 71) oder gestreckt (*Chenopodium Quinoa*) oder unregelmässig wulstig (*Cubebe*, Fig. 69 *gk*), und nur dort, wo die zusammengesetzten Stärkekörner fest in die Grundmasse eingebettet sind, ist ihr Umriss eckig (*Reis*, Fig. 70). Ist das Korn hoch zusammengesetzt, so sind die peripherischen Theilkörner einseitig abgerundet, die centralen

Fig. 71.



Haferstärke. Zusammengesetzte Stärkekörner und „Füllstärke“. Vergr. 300 (Tschirch).

Fig. 72.



Zusammengesetztes Stärkekorn des Hafers in die Theilkörner zerfallend.

scharfkantig-eckig. Meist sind die Theilkörner alle von nahezu gleicher Grösse, nur selten ragt eines derselben, dann aber meist sehr erheblich, durch seine Grösse hervor (*Sago*, Fig. 89).

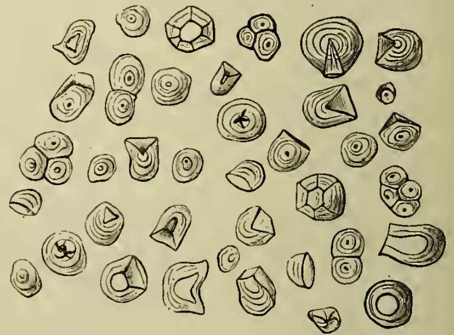
Der Zusammenhang zwischen den einzelnen Theilkörnern ist meist ein sehr lockerer, so dass das zusammengesetzte Stärkekorn meist schon durch einen gelinden Druck auf das Deckglas (*Hafer*, Fig. 72), ja selbst schon durch Zerkleinern der Zelle (*Sago*) oder beim Präpariren, in seine Theilkörner zerlegt wird. Nur selten ist die Verwachsung eine so innige, dass man nicht einmal die Trennungslinien der einzelnen Körner mehr wahrnimmt (Samen der *Commelineen*, *Tonkobohne*).

Halbzusammengesetzt nennt man ein Stärkekorn, wenn es zwei oder mehrere Kerne (s. unten) mit darum laufenden Schichten besitzt und das Ganze von gemeinsamen Schichten umgeben wird (*Kartoffel,* Fig. 60, *Cannastärke*, Fig. 75). Auch diese Körner sollen nach Schimper in ähnlicher Weise entstehen wie die zusammengesetzten; es würden also zwei Bildungscentren auftreten, jedes ein Korn erzeugen, die Körner verschmelzen und dann um dieselben eine gemeinsame Schale entstehen.

Sehr ckarakteristisch ist für die Stärkekörner das Vorhandensein eines Kerns, respective einer den Kern ersetzenden Centralspalte und einer, bisweilen freilich erst nach Einwirkung von Reagentien, bei ganz kleinen Körnern auch dann noch nicht deutlichen Schichtung.

Kern und Schichtung, Vorhandensein einer Centralspalte und Form und Grösse derselben besitzen, da sie von mannigfachen, zum Theil unbekannten Ursachen abhängig sind, nur in wenigen, besonders charakteristischen Fällen, diagnostischen Werth.

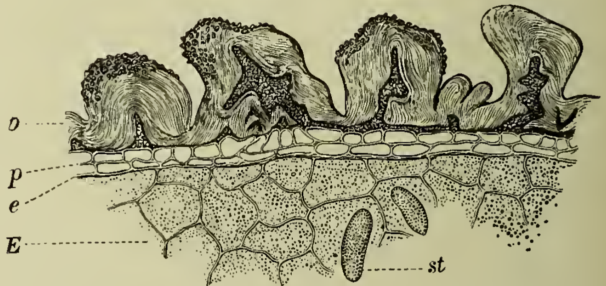
Fig. 73.



Manihotstärke. Bruch- oder Theilkörner der aus 2—4 zusammengesetzten Stärkekörner. Vergr. 300 (Tschirch).

Die kleinsten Körner lassen niemals eine Schichtung wahrnehmen. wohl aber die überwiegende Mehrzahl der grösseren. Doch fehlt sie auch diesen bisweilen oder ist undeutlich (*Weizen)*. Sehr schön und deutlich ist sie bei der *Kartoffel* und der *Cannastärke* (Fig. 75). Sie entsteht durch eine sprungweise Aenderung des Wassergehaltes in den einzelnen aufeinanderfolgenden Zonen des Kornes (Nägeli).[1]) Auf eine äusserste, sehr wasserarme Schicht folgt eine wasserreiche, dann wieder eine wasserarme u. s. f. Das Centrum des Kornes. der Kern, ist stets sehr wasserreich. Alle weichen, wasserreichen Schichten erscheinen in Folge des geringeren Lichtbrechungsvermögens hell und röthlich, alle dichten, wasserärmeren bläulichweiss und dunkler.

Fig. 74.



Agrostemma Githago L. Querschnitt durch die Samenschale; *o* die Oberhaut, *p* Parenchym, *e* Epithel; *E* das Endosperm mit zwei zusammengesetzten Stärkekörnern *st* und zahllosen winzigen Stärkekörnchen, „Füllstärke". Vergr. 160 (Möller).

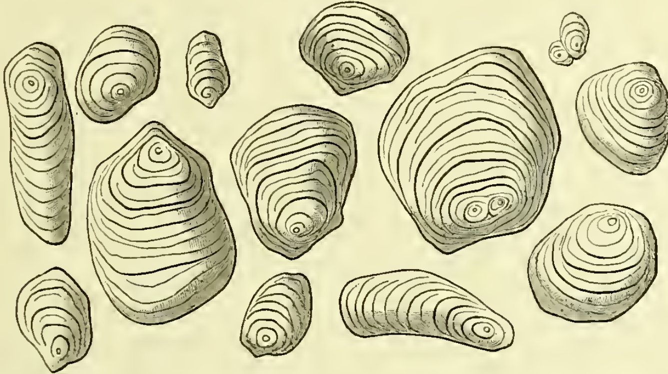
Undeutliche Schichtung lässt sich durch verdünnte Chromsäure (Weiss und Wiesner) oder verdünnte Salzsäure — (letztere muss längere Zeit einwirken) — deutlich machen. Auch durch trockenes Erwärmen (Rösten) treten die Schichten deutlicher hervor.

Da die Schichten durch eine Differenz im

[1]) Dieser Auffassung der Schichten sind Schimper und A. Meyer (Bot. Zeit. 1881, S. 185, 841; 1884, S. 508) entgegengetreten. Dieselben betrachten die Stärkekörner als Sphärokristalle. Strasburger leugnet überhaupt das Vorhandensein von Schichten mit verschiedenem Wassergehalt. Mir scheint noch jetzt die Nägeli'sche Auffassung das meiste für sich zu haben.

Wassergehalt entstehen, so verschwinden sie, sobald man wasserentziehende Mittel anwendet, z. B. die Stärke trocknet. Betrachtet man solche trockene

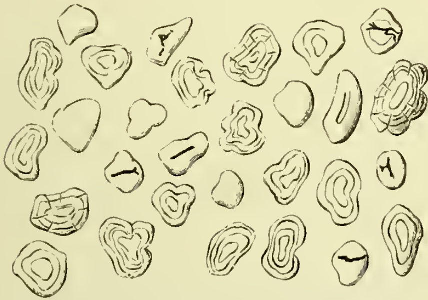
Fig. 75.



Cannastärke. Rechts ein halbzusammengesetztes Korn. Vergr. 300 (Tschirch).

Stärkekörner unter Glycerin, Benzol, Paraffin, Canadabalsam, ätherischen und fetten Oelen, so sind Schichten nicht mehr wahrzunehmen. Sie verschwinden auch im umgekehrten Falle, wenn man Wasser reichlich zuführt, also wenn man Quellungsmittel anwendet (Wasser von 50—70°, Kali- oder Natronhydrat, Jodkalium, Chlorcalcium, Chloralhydrat u. a.). Diese Quellungsmittel steigern die Wasseraufnahme des gesammten Kornes weit über die Differenzen im Wassergehalt der Schichten; so dass diese nun nicht mehr sichtbar sein können. Die Schichtung beruht also auf einer verschiedenen Quellungsfähigkeit der verschiedenen Schichten. Ausser den rings umlaufenden Schichten beobachtet man oftmals auch zarte radiale Risse (*Erbse*, Fig. 76).

Fig. 76.



Erbsenstärke zum Theil mit normalen Radialrissen. Vergr. 300 (Tschirch).

Der Kern ist stets das organische Centrum des Kornes, um ihn verlaufen alle Schichten. Liegt er im mathematischen Centrum des Kornes *(Cerealien)*, so bilden die Schichten concentrische Zonen, liegt er excentrisch, so sind es auch die Schichten. Im letzteren, dem gewöhnlichen Falle haben diese eine sehr ungleiche Breite. Sie sind nach der Seite zu, wo der Kern liegt, oft unmessbar dünn, zeigen dagegen am entgegengesetzten Ende eine oft recht erhebliche Breite (Fig. 75, 77).

Fig. 77.



Curcumastärke mit stark excentrischem Kern. Vergr. 300 (Tschirch).

Die Körner mit centralem Kern sind rund oder annähernd rund oder oblong, die mit excentrischem Kerne dagegen mannigfach anders gestaltet, niemals regelmässig. Bei letzteren liegt der Kern entweder am schmäleren Ende, — der gewöhnliche Fall *(Kartoffel)* —, oder am breiteren *(Maranta)*. Bei weiterem Wachsthum des Kornes wird der Kern oftmals resorbirt, und an seiner Stelle tritt eine Spalte auf, die unter dem Mikroskope lufterfüllt schwarz (Fig. 62, 78), safterfüllt hell erscheint (Fig. 76). Diese Höhlung, der Nabel oder die Centralhöhle des Stärkekornes erscheint, wenn klein, als Kernpunkt *(Solanum, Zingiberaceen* Rhizome), ist sie grösser und lufterfüllt, so nimmt sie oft die Form eines ein-, zwei-, drei- und mehrstrahligen Sternes oder Spaltes an *(Colchicum, Mais, Maranta, Colombo)*, ist sie sehr weit und im Sinne der Achse des Kornes gestreckt, so erscheint sie als weite, oftmals bizarr verzweigte Spalte *(Bohne, Sem. Calabar)*. Bisweilen enthält die Centralspalte auch keine Luft, sondern eine Stärkelösung *(Erbse)*.

Fig. 78.

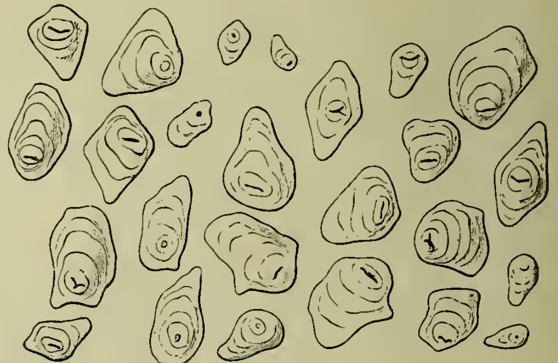


Stärke aus der Nährschicht der kleinasiatischen Gallen mit Kreuzspalt (Tschirch).

Die Excentricität des Kernes ist sehr verschieden. Man drückt sie durch einen Bruch aus, dessen Zähler die Entfernung von dem Kern bis zum nächsten Ende = 1 gesetzt, dessen Nenner die Entfernung von dem Kern bis zum entferntesten Ende des Kornes (grosse Achsenlänge) ausdrückt. Bei den Kartoffelkörnern beträgt die Excentricität ungefähr $^1/_6$, d. h., wenn wir die Längsachse des Kornes in sechs gleiche Theile theilen, so liegt der Kern auf dem ersten Theilstrich. Die Excentricität des Kernes kann zwischen $^1/_1$ *(Cerealien)* und $^1/_{70}$ *(Canna lagunensis)* schwanken, beträgt jedoch gewöhnlich nur $^1/_1$ bei runden und concentrischen, bis $^1/_7$ bei relativ stark excentrischen Körnern.

Quetscht man die in ihrer Substanz spröden Stärkekörner mit dem Deckglase, so entstehen Spalten und Sprünge, die meist vom Kern aus oder wenigstens auf diesen hin verlaufen und die Schichten rechtwinklig durchschneiden. Aehnliche Sprünge entstehen auch beim Erwärmen der Stärke (Trockenrisse der gerösteten Stärke) und dem Keimen des Samens. Selten zeigt sie bereits das intacte Korn *(Erbse)*.

Fig. 79.

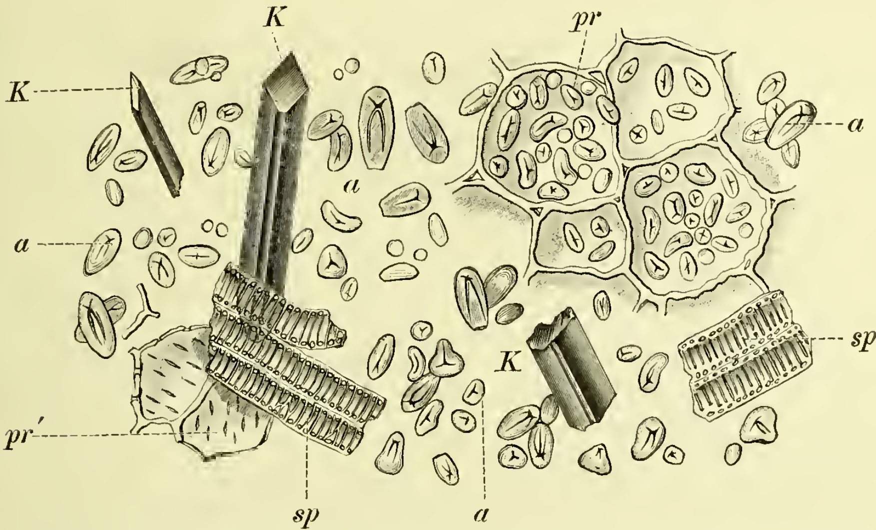


Westind. Arrowroot, Marantastärke. Vergr. 300 (Tschirch).

Die Stärke ist stets organisirt, sie erscheint daher, ebenso wie die Zellmembran, doppelbrechend. Im polarisirten Lichte zeigt jedes Korn ein schwarzes Kreuz, (Fig. 81), dessen Arme sich in den Kern schneiden. Bei Körnern, deren Excentricität fraglich ist *(Galgantrhizom)*, kann dieselbe daher leicht mit Hilfe des Polarisationsmikroskopes festgestellt werden. Auch die Frage, ob zusammengesetzte Stärkekörner vorliegen, kann mit Hilfe des Polarisationsmikroskopes entschieden werden, da jedes Korn natürlich ein besonderes Kreuz zeigt. Die optischen Eigenschaften gehen der Stärke

verloren, wenn man sie quellen lässt, auch selbst dann, wenn das Quellungsmittel chemische Veränderungen nicht hervorbringt. Sie sind also unzertrennlich von dem Aufbau der Stärke. Nägeli nimmt an, dass die Stärke aus sogenannten Micellen, mit einer Wasserhülle umgebenen Atom-

Fig. 80.



Rhiz. iridis (Iris florentin.). Elemente des Pulvers. *K* Kristalle, *pr* stärkeführendes Parenchym, *a* Stärke, *sp* Gefässfragmente (Vogl).

complexen, aufgebaut sei, die dadurch, dass sie auseinanderweichen und zwischen sich hinein neue gleichartige Atomcomplexe aufnehmen, das

Fig. 81.



Kartoffelstärkekorn im polarisirten Lichte.

Fig. 82.



Stärkekörnchen aus der *Galanga*. Vergr. 600.

Wachsthum der Stärke (durch Intussusception[1]) bewirken.[2]) Die Micellen[3]) (vergl. auch hinten unter Membran) sind hier wie bei den

---

[1]) Von *intus* innen, hinein und *suscipere* aufnehmen.

[2]) Es ist hier nicht der Ort, auf die Intussusceptionstheorie näher einzugehen. Sie ist seinerzeit von Nägeli (Stärkekörner) ausführlich molecularphysikalisch begründet worden, und stehen die beobachteten Thatsachen mit ihr in Einklang. Bedenken gegen sie sind neuerdings vielfach geltend gemacht worden, doch haben die Anhänger der Appositionstheorie (Schimper, Strasburger, Schmitz, A. Meyer), so werthvolles Beobachtungsmaterial sie auch lieferten, ihre Theorie nicht an die Stelle der Nägeli'schen zu setzen vermocht. Durch die Untersuchungen der genannten Forscher scheint mir jedoch eines sicher gestellt, dass es nämlich einige Fälle gibt, wo man beim Wachsthum der Stärke auch eine Apposition neben der Intussusception annehmen kann.

[3]) Ungerechtfertigtes Diminutiv von *mica* Krümchen.

dickeren Zellhäuten kristallinisch, optisch-einachsig, verursachen daher die Doppelbrechung. Sobald sie zerfallen, was durch die Quellung geschieht, geht auch die Doppelbrechung des Kornes verloren.

Wird die Reservestärke (und nur diese ist es ja, die uns hier interessirt) in einem Reservebehälter bei der Keimung aufgelöst, so verschwinden die Körner nicht auf einmal, sondern schmelzen nach und nach von Innen und Aussen oder von Aussen nach Innen ab *(Leguminosen)* oder zeigen eine eigenartige Corrosion (*Mais*, Fig. 83). Die Beimengung von ausgekeimtem Getreide zu normalem verräth sich daher leicht durch die Anwesenheit solcher corrodirter Körner. Für gewöhnlich beginnt die Auflösung mit deutlicherem Hervortreten der Schichtung und der Bildung von Rissen und Spalten, die dann zu grösseren Höhlen werden, von denen aus die Auflösung fortschreitet. Während ganz allgemein die Auflösung der Stärke im Innern zu beginnen scheint, ist die Bildung von äusseren Corrosionen eine nicht so allgemein verbreitete Erscheinung. Die weicheren Schichten werden jedenfalls zuerst gelöst. Bisweilen wird das Stärkekorn, bevor es gelöst wird, theilweise in Amylodextrin (s. d.) übergeführt, wird also durch Jod nicht mehr blau gefärbt.

Fig. 83.



Corrodirte Stärkekörner aus dem Endosperm einer 8 Cm. hohen jungen Maispflanze, in Auflösung begriffen. *a* intactes Korn (Tschirch).

Bei der Lösung der Stärke, d. h. ihrer Ueberführung in Amylodextrin, Dextrin und Zucker — in welcher Form die Stärke wandert — spielen die diastatischen Fermente die Hauptrolle. [1])

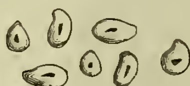
Die Menge des Stärkemehles, die ein Organ enthält, wechselt ausserordentlich: bei den Blättern beispielsweise schon im Laufe von 24 Stunden. Bei den unterirdischen Reservebehältern ist sie abhängig von der Vegetationsperiode, der mehr oder weniger grossen Entleerung u. a. m. *Kartoffeln* enthalten

Fig. 84.



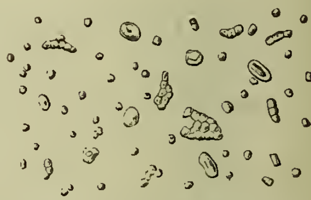
Colombo-Stärke. Vergr. 300.

Fig. 85.



Althaea-Stärke (Hartwich).

Fig. 86.



Buchweizen-Stärke. (Moeller).

z. B. im Monat November die meiste Stärke (Decandolle). Sie schwankt bei ihnen und bei dem *Marantarhizom* zwischen 8 und 26 Procent (auf lufttrockene Substanz bezogen). Im Herbst und im Frühjahr, vor dem Austreiben, enthalten alle unterirdischen Reservebehälter die meiste Stärke, im Sommer die wenigste. Für die Stärkefabrikation ist es von höchster Bedeutung, einmal die Zeit des grössten Stärkegehaltes zu kennen und andererseits Mittel zu besitzen, den Gehalt schnell feststellen zu können. Meistens geschieht letzteres durch Bestimmung des specifischen Gewichtes (z. B. bei der Kartoffel).

Auch die Drogen sind, je nach der Einsammlungszeit [2]), mehr

---

[1]) Baranetzky, Die stärkeumbildenden Fermente. Leipzig 1878. Detmer, Bot. Zeit. 1883.

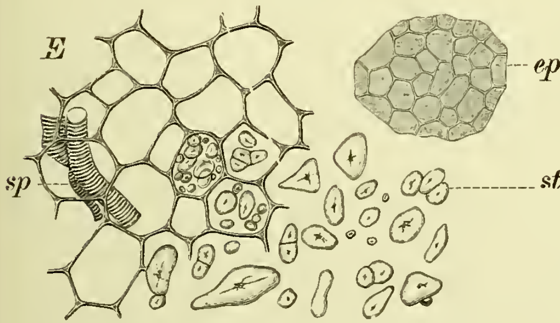
[2]) Vergl. auch meinen Artikel „Einsammlung der Drogen" in der Real-Encyclopädie der ges. Pharmacie.

oder weniger reich an Stärke. Alle Angaben über Stärkegehalt in den Lehrbüchern besitzen daher nur relativen Werth. Die Methode Dragendorff's zur Bestimmung des Stärkegehaltes in Pflanzentheilen ist folgende: Man behandelt die Pflanzentheile successive mit alkoholischer Kalilauge, Alkohol und Wasser und führt die im Rückstande bleibende Stärke durch Malzauszug in Zucker über, den man extrahirt und mit Fehling'scher Lösung bestimmt.

Bei den Compositenwurzeln wird Stärke durch Inulin, bei den Zuckerrüben durch Rohrzucker, bei den Pilzen durch Glycogen und Fett, bez. Oel, bei *Rad. senegae* und *gentianae* durch Oel, bei den Florideen durch sog. Florideenstärke (Amylodextrinstärke?) ersetzt. Neben Fett findet sich Stärke in derselben Zelle selten (*Cacao-, Myristicasamen*). Bei dem *Pfeffer* und den *Cubeben* enthalten die äusseren Schichten des Perisperms Aleuron, die inneren Stärke; bei den *Cardamomen* das Perisperm Stärke, das Endosperm Aleuron. Bei einigen Algen (*Spirogyra*) entsteht die Stärke in besonderen Stärkeheerden.

Zwischen der Stärke und anderen Bestandtheilen der Pflanzen bestehen mannigfache Relationen, die aber zum Theil noch wenig aufgeklärt sind. Budde [1]) fand bei *Rad. Belladonnae* Beziehungen zwischen dem Gehalte an Stärke und Alkaloid. Letzteres ist reichlicher in den stärkereichen Wurzeln enthalten. Ueber die Beziehungen der Stärke zu Oel, Cellulose, den Glycosiden und Harzen, die sicher zum Theil auch aus Stärke entstehen können, wissen wir noch wenig.

Fig. 87.



Aus dem Cotyledon der Eichel. Gefässe *sp* und Amylum *st*, Oberhaut *ep*. Vergr. 300 (Möller).

Dass bei der Entstehung von Harztröpfchen in den sich später auflösenden und zu einem lysigenen Canale werdenden Zellen (bei *Coniferen*, *Copaifera* u. a.) Stärke betheiligt ist, erscheint mir zweifellos [2]), denn sie wird in demselben Masse gelöst, wie die Harz-, bezw. Oeltröpfchen sich vermehren. Ob eine directe Umwandlung der Stärke in das Harz stattfindet, ist noch nicht festgestellt, in einigen anderen Fällen jedoch kaum abzuweisen. [3])

Dass Stärke aus anderen kohlenstoffhaltigen Substanzen, (z. B. Glycerin), die man der betreffenden Pflanze als Nahrung darbietet, auch ohne Beihilfe des Lichtes entstehen kann, ist neuerdings nachgewiesen worden.

Die Stärke des Handels bildet ein mehr oder weniger glänzendes und (in Folge der zwischen den Körnern liegenden Luft) weisses, zart anzufühlendes, zwischen den Fingern knirschendes, geruch- und geschmackloses Pulver. Sie ist unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether, Chloroform, Benzin, Kupferoxydammon etc. Nur zerdrückte oder corrodirte Körner geben etwas (Granulose, Delff's Amylogen, Guibourt's Fécule soluble, Guérin-Varry's Amidine) an kaltes Wasser ab, doch ist selbst dieses fraglich (Wicke).

Das specifische Gewicht ist je nach der Herkunft und dem Wassergehalt etwas verschieden, liegt aber ungefähr bei 1·5. Absolut

[1]) Archiv d. Pharm. 1882, S. 414.

[2]) Frank, Dippel, Tschirch, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1888, S. 5.

[3]) Wiesner, Ueber die Entstehung des Harzes im Innern d. Pflanzenz. Wien. Akad. Sitzungsber. 1865.

trockene Kartoffelstärke zeigt 1·633, lufttrockene 1·503 (FLÜCKIGER), *Maranta*-stärke 1·565.

Die Stärke vermag, bei Behandlung mit einem Ueberschusse von Wasser, bis 80% Wasser zurückzuhalten (grüne Stärke [die wasserreichste des Handels] hat durchschnittlich 45·45%, sie lässt sich nicht sieben), an der Luft getrocknet enthält sie dann 20—40% weniger (gewöhnlich 35·71%; an feuchter Luft steigt aber der Gehalt bis auf circa 56%). Eine solche Stärke lässt sich auch noch nicht sieben und ballt zusammen, wenn man sie mit der Hand drückt. Man stellt daher in den Fabriken durch Anwendung künstlicher Wärme (in Kammern) eine Stärke her, welche 18·18%, oft sogar nur 12—15% Wasser enthält. Diese ist locker und lässt sich sieben. Treibt man die Trocknung vorsichtig noch weiter, so lässt sich die Stärke nach und nach ganz entwässern. Vollständig geht das Wasser aber erst bei 125—135° fort. Um Stärke völlig schon bei 110° zu trocknen, muss man sie durch Ammon vollständig säurefrei machen, alsdann die Temperatur erst 3 Stunden auf 70—80° halten und erst dann die Wärme auf 110° steigern.

Solche entwässerte Stärke ist stark hygroskopisch und zieht aus der Luft wieder Wasser an. Dies gilt sogar von einer Stärke, die weniger als 10—20% Wasser enthält. Die Hygroskopicität ist jedoch nicht bei allen Stärkesorten die gleiche. Eichelstärke zeigt sie am meisten, Weizenstärke am wenigsten (NOSSIAN). Im Vacuum getrocknete Stärke besitzt 11% Wasser.

Erwärmt man vorsichtig getrocknete Stärke über 100°, so bleibt sie bis über 160° unverändert, geht jedoch bei 200° ohne Gewichtsabnahme in Dextrin über. Wasserhaltige Stärke wird schon bei erheblich niedrigerer Temperatur in Dextrin übergeführt.

Die wasserfreie Stärke entspricht der Formel $C_{12} H_{20} O_{10}$, oder richtiger $C_{24} H_{40} O_{20}$ (TOLLENS, MYLIUS), jedenfalls nicht der von LIEBIG 1834 aufgestellten Formel $C_6 H_{10} O_5$. Bei der Stärke des Handels (mit circa 18% Wasser) würden 12 Mol. chemisch gebundenen Wassers auf ein Molecül kommen. Nach MUSCULUS und GRUBER ist die Formel dieses „Hydrates" $= C_{72} H_{124} O_{62}$. Die Stärke des Handels entspricht aber nicht ganz dieser Formel. Erstlich enthält sie stets eine geringe Menge Asche (bis 1·5% [meist 0·3—0·6]) und dann auch etwas Stickstoffsubstanzen u. A., wie folgende Tabelle (KÖNIG) zeigt:

	Wasser Procent	Stickstoff-substanz Procent	Fett Procent	Stärke Procent	Rohfaser Procent	Asche Procent
1. Weizenstärke	13·99	1·90	0·19	83·26	0·31	0·35
2. Maisstärke	13·95	1·53	—	84·14	—	0·38
3. Arrowrootstärke (*Maranta*)	15·72	1·13	0·10	82·81	0·05	0·19
4. Sagostärke	12·90	0·50	—	86·24	—	0·36
5. Tapiokastärke	14·43	0·49	—	84·83	—	0·25
6. Kartoffelstärke	19·22	0·69	0·04	79·64	0·08	0·33

Die Stärke reagirt neutral. Die bisweilen zu beobachtende saure Reaction verdankt die Kartoffel- und Weizenstärke kleinen Mengen (0·331% SOXHLET) beigemengter Schwefelsäure und Milchsäure. Erstere rührt von der Fabrikation, letztere von nachträglichen Zersetzungsvorgängen, die alkalische Reaction der Reis- und Maisstärke von der Verwendung von Alkalien bei der Fabrikation her.

Die charakteristische Reaction der Stärke ist die mittelst Jod (1814 von COLIN und GAULTIER DE CLAUBRY aufgefunden).[1]) Nur das Narceïn und basisch essigsaures Lanthanoxyd theilen diese Eigenschaft mit

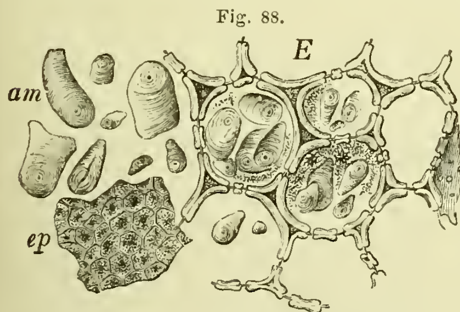
[1]) Ann. d. Chim. 90, S. 93. Vergl. auch NÄGELI, Die Reaction von Jod auf Stärkekörner und Zellmembranen. Botan. Mittheilungen. I, S. 483.

dem Amylum (STEIN, DAMOUR). Schon die kleinste Menge Jod genügt (STROMEYER[1]), falls Wasser und, wie neuerdings nachgewiesen wurde[2]), Jodwasserstoff, bezw. eines seiner Salze (z. B. Jodkalium) zugegen ist, um die Stärke, sei sie nun in Körnerform oder als Kleister vorhanden, auf's intensivste blau zu färben. Der Zusatz von $^1/_{500000}$ (nach FRESENIUS $^1/_{528000}$) Jod zu einer Stärkeflüssigkeit ist bei 0° hinreichend, noch eine deutliche Violettfärbung zu erzeugen (LASSAIGNE), bei noch kleineren Mengen wird die Färbung rosa. Die Verbindung, welche die Stärke mit dem Jod bildet (18% Jod nach MYLIUS), ist eine ausserordentlich lockere, so dass viele nur von einer Auflösung des Jods in der Stärkemasse oder von einer Absorption derselben, als Wirkung einer Flächenanziehung redeten; MYLIUS hat jedoch nachgewiesen, dass Jodstärke eine Verbindung von Jod mit einer farblosen Jodstärke ist und die Formel $(C_{24}H_{40}O_{20}J)_4 JH$ besitzt. Lässt man Jodstärke an Licht und Luft liegen oder unterwirft man sie der Dialyse, so entfärbt sie sich, ebenso auch, wenn man sie feucht (als Kleister) auf 65—70° erhitzt. Es zeigt sich also, dass die Affinität des Jods zur Stärke mit der Temperatur rasch abnimmt, die zum Wasser aber steigt. Eine Entfärbung tritt auch durch Zusatz aller Agentien ein, welche Jod binden oder auflösen oder dasselbe in Jodwasserstoffsäure oder Jodsäure überführen.

Nicht immer tritt übrigens eine rein blaue Färbung ein. Wir finden Abstufungen von blau durch violett, roth, rothgelb, gelb zu braun (C. und W. NÄGELI, BRÜCKE), Färbungen, die oftmals von der Beschaffenheit des Reagens (in den wässerigen Jodlösungen entsteht Jodwasserstoffsäure, in den alkoholischen Jodäthyl), aber auch von der Stärke selbst (Alter, Abkunft), endlich auch von der Menge des vorhandenen Wassers und gebildeten Amylodextrins abhängig ist. Neuerdings ist die Aufmerksamkeit auf die durch Jod rothbraun sich färbende Stärke besonders dadurch gelenkt worden, dass SHIMOYAMA und A. MEYER[3]) gezeigt haben, dass diese abweichende Reaction von einer mehr oder weniger grossen Durchtränkung des Kornes mit Amylodextrin, bez. Dextrin hervorgerufen wird. Aber auch absolut trockene reine Stärke wird durch Jod in absolutem Alkohol braun (nicht blau).

Die Jodreaction wird auch verhindert durch die Anwesenheit von Kalialaun, Chlor- oder Jodsäure, wie überhaupt durch alle Stoffe, die Jodwasserstoff zerstören (MYLIUS). Es tritt alsdann nur eine röthliche Färbung ein. Auch Eiweisssubstanzen verhindern sie, wenn nicht ein Ueberschuss an Jod vorhanden ist. Durch Alkalisulfate wird die Reaction jedoch nur verzögert.

Fig. 88.



Gewebselemente des Samens der *Mutternelken*. *E* Cotylen, *am* Stärke, *ep* Oberhaut (Möller).

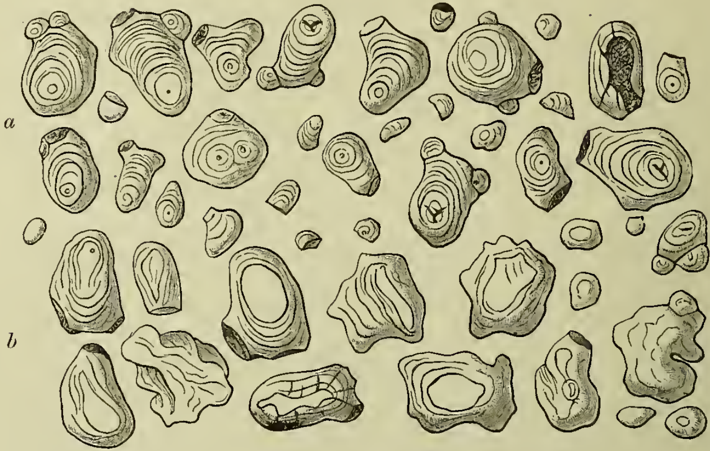
Die Empfindlichkeit der Reaction wird durch die Anwesenheit von viel Jodmetallen, Jodwasserstoffsäure, Gerbsäure, Gallussäure, Brenzgallussäure, Harn, Milch, Malzabsud, Hefe, Resorcin, Orcin etc. beeinträchtigt und die Reaction selbst in der Farbe modificirt (W. NÄGELI, GOPPELSROEDER, GRIESSMAYER).

Zum Gelingen der Reaction ist erforderlich, dass beide, Jod und Stärke, in freiem Zustande vorhanden sind. Jod reagirt nicht auf Stärkekalk, Stärke nicht auf Jodkalium.

[1]) GILBERT, Annalen d. Chemie, 49, S. 147.
[2]) MYLIUS, Ber. d. chem. Ges. 1887, S. 688.
[3]) SHIMOYAMA, Beiträge zur Kenntniss d. Klebreises. Inaug.-Diss. Strassburg 1886. — A. MEYER, Stärkekörner, welche sich mit Jod roth färben. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1886. — Ueber das Amylodextrin vergl. WALTER NÄGELI, Beiträge zur Kenntniss der Stärkegruppe, 1874.

Alkalien entfärben die Jodstärke, Zusatz von Säuren lässt die Färbung wieder erscheinen. Chlor, Salpetersäure, Schwefelwasserstoff,

Fig. 89.

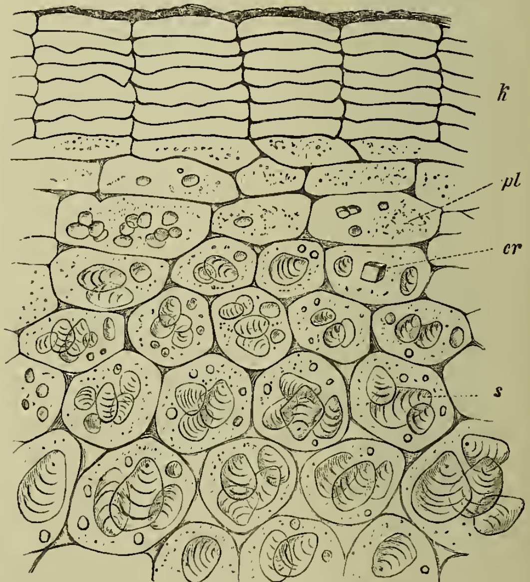


Sagostärke. *a* Unverkleistert, *b* verschiedene Stadien der Verkleisterung. Vergr. 300 (Tschirch).

schweflige Säure zerstören ebenfalls die Färbung, Alkohol entzieht der Jodstärke das Jod.

Da das Dextrin mit Jod keine blaue Färbung gibt, so kann die allmälige Ueberführung der Stärke in Dextrin (z. B. im Dextrinfabriksbetriebe) durch successiven Jodzusatz verfolgt werden.

Fig. 90.



Querschnitt durch die Randpartie des Kartoffelknollen. *k* Kork, *pl* plasmaführende Zellen mit kleinen Stärkekörnern, *cr* Proteïnkristalloid, *s* Stärkekörner (Tschirch).

Behufs Nachweis kleiner Mengen Stärke (z. B. in den Chlorophyllkörnern) unter dem Mikroskope verfährt man in der Weise, dass man dieselbe erst durch Kali quellen lässt, das Kali mit Essigsäure neutralisirt, auswäscht und dann erst Jod zutreten lässt (Böhm), Operationen, die sich bequem auf dem Objectträger ausführen lassen; oder, wenn die Pflanzentheile gefärbt sind, den Farbstoff mit Alkohol extrahirt und das Object in eine Lösung von Jod in concentrirter Chloralhydratlösung einlegt (A. Meyer[1]); oder den entfärbten Schnitt vor dem Jodzusatz behufs Verkleisterung der Stärke erwärmt (Tschirch).

Das beste Jodpräparat zum Stärkenachweis ist eine Lösung ge-

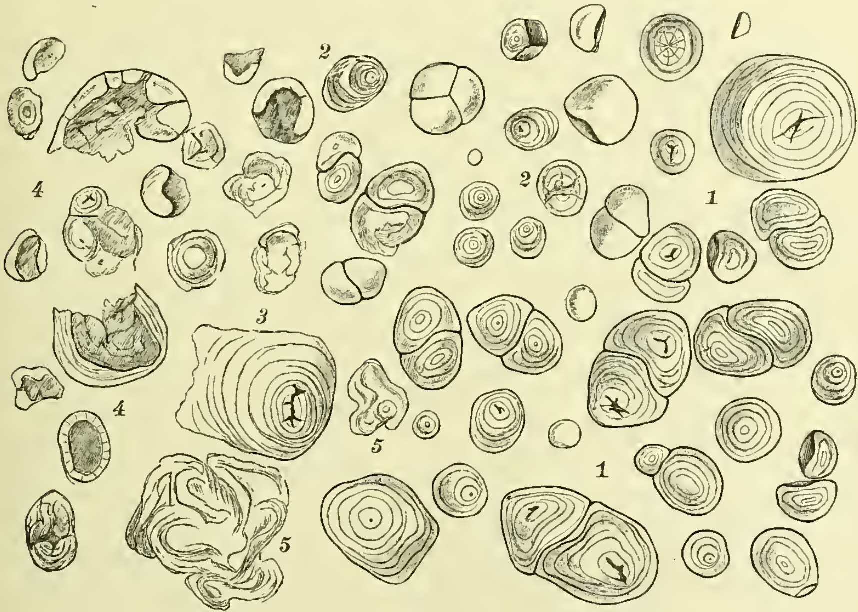
[1]) A. Meyer, Das Chlorophyllkorn. 1883.

waschenen Jods in Wasser. Dieselbe enthält das Jod in ausserordentlicher Verdünnung (1 : 5524).

Brom färbt Stärke gelb.

Leuchs fand (1831), dass die Stärkekörner durch Speichel angegriffen werden. C. Nägeli, dem wir die umfassendsten morphologischen und physikalisch-physiologischen Untersuchungen über die Stärke verdanken, untersuchte auch diese Erscheinung. Er fand, dass die Stärke aus sehr wenig Stärke-Cellulose oder Farinose (2·3—3, 1—5·7%, Dragendorff) und viel Granulose besteht. Letztere allein gibt die „Reactionen der Stärke", von denen oben die Rede war. Neuere Untersuchungen (W. Nägeli[1]) haben jedoch gezeigt, dass die Stärkesubstanz gleichartig ist und dass die sogenannte Stärkecellulose nichts anderes ist, als bei der Behandlung der Stärke mit dem Speichel (Säuren, diastatischen Fermenten, Pepsin) entstandenes Amylodextrin, so dass die Bezeichnung Stärkecellulose und Granulose aufgegeben werden muss (A. Meyer).[2])

Fig. 91.



Stärkekörner des Jalappenknollen.
1 normale Körner. *2–5* successive Stadien der Verkleisterung (Tschirch).

Wird Stärke in kaltem Wasser vertheilt, so setzt sie sich bald, ohne gelöst zu werden, als feines Pulver zu Boden (daher Satzmehl); erwärmt man sie aber in dem Wasser auf eine Temperatur, welche über 55° liegt, so tritt, je nach der Stärkesorte, früher oder später sogenannte Verkleisterung ein. Die Verkleisterung des einzelnen Kornes äussert sich in der Weise, dass dasselbe stark aufquillt, die Conturen und die Schichtung undeutlich werden. Hie und da tritt die innere Masse protuberanzenartig hervor und sprengt die Hülle. Endlich entsteht ein Kleisterballen (Fig. 89 und 91). Die Verkleisterungstemperatur ist bei den verschiedenen Sorten verschieden, wie die von Lippmann entworfene Tabelle zeigt:

[1]) Beiträge zur näheren Kenntniss der Stärkegruppe. Dissertation. München 1874.

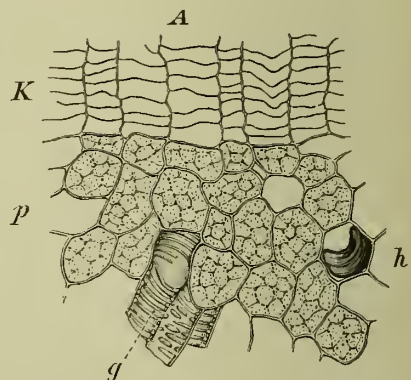
[2]) Ueber die wahre Natur der Stärkecellulose. Nägeli's bot. Zeit. 1886. — Vergl. auch Flückiger, Arch. d. Pharm. 1871, S. 7.

	Deutliches Aufquellen C⁰.	Beginn der Verkleisterung C⁰.	Vollkommene Verkleisterung C⁰.
Roggenstärke	45	50	55
Rosskastanienstärke	52·5	56·2	58·7
Reisstärke	53·7	58·7	61·2
Gerstenstärke	37·5	57·5	62·5
Kartoffelstärke	46·2	58·7	62·5
Maisstärke	50	55·0	62·5
Kastanienstärke	52·5	58·7	62·5
Arrowroot von *Arum maculatum*	50	58·7	62·5
Hermodattelstärke	—	61·2	65
Weizenstärke	50	65	67·5
Tapioka	—	62·5	68·7
Westind. Arrowroot (*Maranta arundinacea*)	66·2	66·2	70
Sago (*Sagus Rumphii*)	—	66·2	70
Buchweizenstärke	55	68·7	71·7
Eichelstärke	57·5	77·5	87·5

Man kann daher auf die Bestimmung der Verkleisterungstemperatur sehr wohl eine Unterscheidung der Stärkesorten gründen. Bei 62·5⁰ sind die Körner der Weizenstärke z. B. noch wohl erhalten, Roggenstärke aber schon verkleistert (Wittmack).

Durch die Verkleisterung werden die Stärkekörner nicht gelöst, vorausgesetzt, dass die Temperatur 100⁰ nicht überschritt. Sie quellen vielmehr nur ausserordentlich auf (auf das 25—30fache), dehnen und zersprengen dann die Hüllen, die als zarte Häutchen noch im Kleister zu finden sind und fliessen endlich zusammen. Je dichter sie liegen, desto fester und zäher und zum Kleben geeigneter ist der Kleister. Die Producte, die als Sago im Handel bekannt sind, werden durch partielle Verkleisterung erhalten. Man gewinnt sie dadurch, dass man die feuchte Stärke durch Siebe treibt, die so entstandenen Würste zerbricht, durch Rollen glättet und in Pfannen erhitzt. Die Sago- (und Tapioka-) Körner zeigen an ihren Stärkekörnern alle Stadien der Verkleisterung. In den äusseren Partien ist die Stärke ganz, in den inneren gar nicht verkleistert (Fig. 89). Auch bei der Jalape des Handels sind alle Verkleisterungsstadien nebeneinander zu finden (Fig. 91). Vollständig verkleistert ist die Stärke in *Rhiz. curcumae* (Fig. 92), dem *Salep* und einigen *Aconitknollensorten.* Alle diese Drogen sind behufs Abtödtung mit heissem Wasser behandelt oder über freiem Feuer getrocknet. Im einzelnen Stärkekorn beginnt die Verkleisterung in den innersten Schichten, im Centrum des Stärkekornes, da dieses am wasserreichsten ist.

Fig. 92.



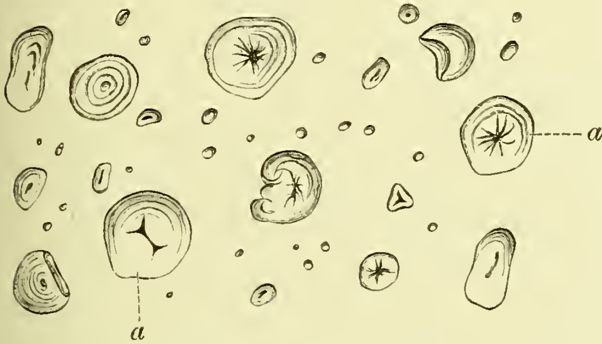
Querschnitt durch den äusseren Theil des Curcuma-Rhizoms. *K* Kork, *p* mit verkleisterter Stärke erfülltes Parenchym, *g* Gefässe, *h* eine Harzzelle (Möller).

Dieselbe Wirkung wie Wasser bei 55—70⁰ üben alle Quellungsmittel schon in der Kälte auf Stärke aus; so bewirken Kali und Natronhydrat, Chlorzink, Chlorcalcium, Chlormagnesium, Jod- und Bromkalium Verkleisterung (Mohr's Stärkelösung, Böhm's Stärkereaction).

Der Grund, weshalb die Stärke in den Kartoffeln, wenn man diese kocht, nicht eigentlich verkleistert, wenigstens nicht in eine durchsichtige Masse übergeht, liegt darin, dass in ihnen die Stärke in Zellen eingeschlossen ist, welche ausserdem noch gerinnende Eiweissstoffe enthalten, und die gequollenen Körner durch die Membranen am Zusammenfliessen gehindert werden.

Erhitzt man Stärke ohne Zusatz von Wasser, röstet sie, so geht dieselbe in Dextrin über, wird also völlig wasserlöslich. Diese Dextrinirung der Stärke geht rascher vor sich bei Gegenwart von kleinen Mengen Säuren; hierbei entsteht aber stets (durch Inversion) etwas Stärkezucker. Geröstete Mehle sind demnach löslicher, also verdaulicher, als ungeröstete und besitzen erstere daher z. B. als Zusatz zu vielen diätetischen Mitteln (*Eichelcacao*) den Vorzug.

Fig. 93.

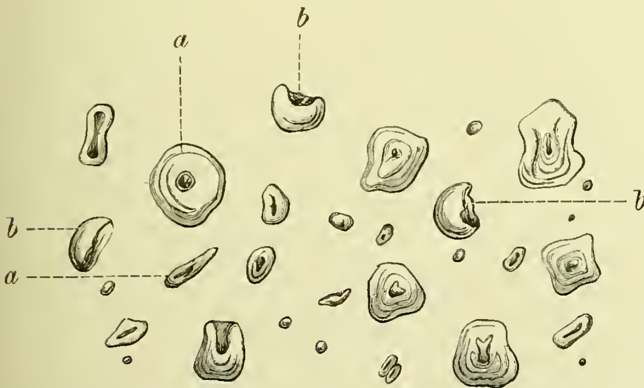


Stärkekörner aus Roggenbrod. Typische Formen *(a)*, selten in der Seitenansicht; die Quellung ist weniger weit vorgeschritten und erfolgt augenscheinlich gleichmässiger, da die baroken („explosiven") Formen beinahe fehlen (Möller).

Anatomisch lassen sich geröstete Stärkekörner leicht von ungerösteten unterscheiden. Sie sind unregelmässig aufgequollen, besitzen unbestimmte Umrisse, Spalten, Risse und oft deutliche Schichtung, bezw. Schalenbildung. Derartig veränderte Stärke findet sich im Brod und im *Eichelcacao*.

Die fabrikmässige Darstellung der Stärke beruht im Wesentlichen auf einer Zerkleinerung (Zerquetschung) der stärkeführenden Gewebe, Auswaschen (Ausschlemmen) der Stärkekörner und Trennen derselben von den Zellresten durch Absetzen (daher Satzmehl) und dem Wasser, also ohne Anwendung einer Mühle (daher Amylum, s. oben). Fabrikmässig dargestellt werden verhältnissmässig wenig Stärkesorten, da trotz der universellen Verbreitung der Stärke nur selten alle Bedingungen für lohnende technische Ausbeute (Reichthum des Materials an Stärke, leichte Zerkleinerung, Abwesenheit störender Beimengungen, billige Gewinnung, gleichmässige Beschaffung des Materials) vorhanden sind. Im grössten Maassstabe wird Kartoffel-, Weizen- und Reisstärke dargestellt. Doch eignen sich ausser diesen noch viele andere Pflanzen zur Stärkegewinnung. Viele derselben haben für den europäischen Handel keine wesentliche Bedeutung, werden aber in ihren Heimatländern in grossem Maassstabe auf Stärke verarbeitet.

Fig. 94.



Stärkekörner aus Weizenbrod. Typische, kaum veränderte Formen *(a)* in der Flächen- und Seitenansicht, zahlreiche gebrochene *(b)* und durch Quellung in verschiedener Weise verunstaltete Körner (Möller).

Das Mehl unterscheidet sich von dem Stärkemehl dadurch, dass bei seiner Darstellung das gesammte Pflanzenorgan (Same, Frucht) in toto auf der Mühle zerkleinert wird und eine vollständige Trennung der Stärke

von den übrigen Bestandtheilen nicht durchgeführt wird. Man findet demnach in den Mehlen noch Eiweisskörper, Reste der Zellmembranen, Haare etc.[1])

Verzeichniss der Pflanzen, die auf Stärke technisch verarbeitet werden.[2])

Triticum vulgare Vill. Der gemeine Weizen. *Tr. durum Desf.* Der Glasweizen. *Tr. turgidum L.* Der englische Weizen. *Tr. polonicum L.* Der polnische Weizen. *Tr. Spelta L.* Der Spelt. *Tr. dicoccum Schrank.* Der Emmer oder Ehmer. *Tr. monococcum L.* Das Einkorn. Werden zur Weizenstärkefabrikation (namentlich in Deutschland) und den verschiedensten Mahlproducten verwendet (Frucht).

Secale cereale L., Früchte, häufig zur Mehl-, selten zur Stärkefabrikation.

Hordeum vulgare L., H. distichum L., H. hexastichon L., H. zeocriton L., fast nur zur Graupenfabrikation verwendet (Gerstel). Der Abfall ist Gerstenmehl, welches zur Verfälschung von Roggen- oder Weizenmehl, selten zur Stärkefabrikation dient.

Oryza sativa L., Früchte zur Mehl- und Stärkefabrikation.

Zea Mais L. Frucht. Mehl, Gries, Stärke.

Panicum miliaceum L., Frucht, enthülst (entspelzt) als Gemüse, selten zur Stärkefabrikation (England).

Setaria germanica Beauv., Frucht, *S. italica Beauv.,* nur zu Mahlproducten. Ebenso, aber noch seltener:

Digitaria sanguinalis L., Frucht.

Phalaris canariensis L., Frucht.

Fritillaria imperialis L. Die Kaiserkrone wurde zum Anbau und Stärkegewinnung ihrer mehlreichen Zwiebel wegen empfohlen.

Gloriosa superba L. Das Rhizom in Französisch-Indien zur Stärkegewinnung verwendet.

Pancratium maritimum L. Die Zwiebeln der südeuropäischen sogenannten kleinen Meerzwiebel oder Trichterglitze werden namentlich in Italien zur Stärkefabrikation gebraucht. Sie liefert im Sommer 8–12% Stärke.

Alströmeria pallida. Der Wurzelstock dieser Pflanze wird in Chili auf Stärke verarbeitet.

Maranta indica Juss., ramosissima, sowie besonders **M. arundinacea** liefern das westindische Arrowroot. Wurzelstöcke.

M. nobilis Moore. Knollen. Neusüdwales Arrowroot.

M. Arouma Aubl. und *Allouya Icq.* werden in Guyana zur Stärkegewinnung verwendet (Wurzelstöcke). Ebenso:

Phrynium dichotomum Roxb. auf den kleinen Antillen.

Musa paradisiaca L. und andere Arten besitzen im Fruchtfleische Stärke, die in Guyana gewonnen wird (Arrowroot von Guyana)

Curcuma leucorh za und **angustifolia Roxb.** liefern das ostindische Arrowroot. Wurzelstock.

C. rubescens liefert im südlichen Theile Indiens eine der vorigen ähnliche Stärke. Wurzelstock.

Tacca pinnatifida Forst., *integrifolia Gawl., oceanica Stutt.* liefern das Arrowroot von Tahiti, welches auch in anderen Tropenländern erzeugt wird (Westindien, China, Cochinchina, Ostindien etc.). Wurzelstöcke.

Dioscorea sativa L., alata L., bulbifera L. werden in allen Tropenländern als Yamswurzel gebaut. Die Wurzelknollen können zur Stärkebereitung dienen.

Arum maculatum L. Die Knollen des gefleckten Arons liefern hier und da kleine Mengen, möglicherweise eine für den Welthandel der Zukunft wichtige Stärke.

Arum italicum Lam. Die französische Aronswurz wird in Italien und Algier in ziemlicher Quantität zur Stärkefabrikation verwendet.

A. canariense soll auf Guersey zur Stärkegewinnung gepflanzt werden.

Caladium esculentum Vent. (Arum esculentum L., Colocasia esculenta Ray.), auf Tahiti einheimisch, und auf den verschiedensten Südseeinseln, in Westindien und Südamerika angepflanzt und ihre Knollen zu einem, für die dortigen Bewohner fast unentbehrlichen Stärkemehl verarbeitet (fécule de chou-choute). Auf Martinique fécule de chou-taro genannt.

Amorphophallus campanulatus und *sativus.* Knollen. Südinseln.

Dracontium polyphyllum. Knollen. Hinterindien.

Canna glauca L., *coccinea Rosc., edulis Edw.* liefern in verschiedenen Ländern (Amerika und Australien) Arrowrootsorten.

Aponogeton distachium Aut. und *monostachium L. f.* geben durch ihre Knollen in Indien Arrowroot.

---

[1]) Vergl. den Artikel Mehl in der Real-Encyclopädie der ges. Pharmacie. Bd. V, und Weinzierl, Die qualitative und quantitative mikrosk. Analyse. Wien 1887.

[2]) Im Wesentlichen nach der von Höhnel'schen Zusammenstellung (Die Stärke und die Mahlproducte); vergl. auch Frank und Leunis' Synopsis. Bd. I.

Aus Wurzeln von *Alisma Plantago* (Froschlöffel) und *Sagittaria sagittaefolia* bereiten die Nordchinesen Stärkemehl.

Sagus Koenigii, laevis Rumph, Rumphii W., farinifera Lam. u. a. A. „Sagopalmen" liefern in Indien Sago und Stärke. Grundparenchym der Stämme. Ebenso:

Borassus flabelliformis L., Palmyrapalme. Wurzelgrundparenchym. Indien.

Arenga saccharifera Lab. auf Westjava. Stammgrundparenchym.

Caryota urens L. Stammparenchym. Vorderindien.

Chamaerops serrulata gibt in Florida Arrowroot.

Polygonum Fagopyrum L. Gemeiner Buchweizen.

P. tartaricum L. Tartarischer Buchweizen.

P. emarginatum Roth. Ausgerandeter Buchweizen.

P. cymosum Maissn. Der Same liefert Mehl (Haidenmehl) und Gries, Grütze. In Asien heimisch, bei uns angebaut. Der gemeine Buchweizen wird in England auch zur Stärkefabrikation verwendet.

Quercus sessiliflora Sm. und *pedunculata Ehrh.* Die Früchte der Trauben- und Stieleiche enthalten in den Samenlappen viel Stärke, welche versuchsweise gewonnen wurde.

Cycas revoluta L. Die japanesische Sarnpalme liefert in China und Japan aus dem Grundparenchym der Stämme bereiteten guten Sago.

Dioon edule Lindl. Liefert in Mexico ein vortreffliches Arrowroot.

Zamia angustifolia Jcq., *pumila L.*, *tenuis W.* u. a. A. liefern auf den Bahamas und Antillen Arrowroot.

Pachira aquatica Aubl. Châtaigne de la Guyane. Die Samen liefern in Guyana Stärke, ebenso auf Martinique.

Sechium edule Swartz. Die Wurzelknollen liefern in Westindien Stärke.

Sicyos angulata L. Auf Réunion wird aus den Wurzelknollen die Féeule de chouchou erzeugt.

Bryonia epigaea Rottl. Stärke aus den Wurzelknollen in Französisch-Indien.

Aesculus Hippocastanum. Gemeine Rosskastanie. In Frankreich die Samen zur Stärkefabrikation verwendet

Ruellia parale Roxb. Stärke aus den Samen in Französisch-Indien.

Solanum tuberosum L. Stammknollen Kartoffelmehl und Stärke. Europa.

Batatus edulis Chois. Die Batatenrinde liefert in fast allen Tropenländern Stärke (Féeule de batates) aus den Wurzelknollen.

Artocarpus incisa L. F. Aus dem Fruchtfleische wird die Féeule du fruit de l'arbre à pain versuchsweise auf Réunion, Martinique, in Guyana und in Brasilien bereitet.

Phaseolus multiflorus W. Feuerbohne. In gemässigten und warmen Gegenden gebaut. Die Samen werden zu Mehl und in England auch zu Stärke verarbeitet.

Ph. vulgaris L. Gemeine Schminkbohne. Ebenso:

Castanospermum australe Cunn. Beau-tree. Neusüdwales. Samen.

Pisum sativum und verw. Arten. Die Erbse wird zu Stärke und Mehl verarbeitet.

Dolichos bulbosus L. Ostindien. Samen.

Ervum Lens, die Linse. Zu Linsenmehl und in England zu Linsenstärke verarbeitet.

Nelumbium speciosum. Die Wurzeln liefern den Chinesen ein Arrowroot und die Samen werden zu Mehl verarbeitet.

Mangifera indica L. Samen. Fécule de manguier. Martinique und Réunion.

Manihot utilissima Pohl, Aepi Pohl, Janipha Pohl u. a. A. liefern fast in der ganzen Tropenwelt Stärke und Mehl durch ihre Wurzelknollen. Tapiocastärke, Brasilian. Arrowroot, Maniokmehl, Cassavemehl etc.

Amylodextrin.

Dieser, ein Zwischenglied zwischen Dextrin und Stärke bildende Körper, über den wir besonders Walter Nägeli[1]) eine Reihe wichtiger Aufschlüsse verdanken, ist in reinem Zustande in der Pflanze nicht zu finden, dagegen sind mit Amylodextrin durchtränkte Stärkekörner nicht gerade sehr selten. Ich habe denselben den Namen Amylodextrinstärke gegeben. Sie finden sich im sogenannten *Klebreis* und der *Klebhirse*, (A. Meyer), im *Macis* (dem Arillus von *Myristica moschata*[2]), im Arillus von

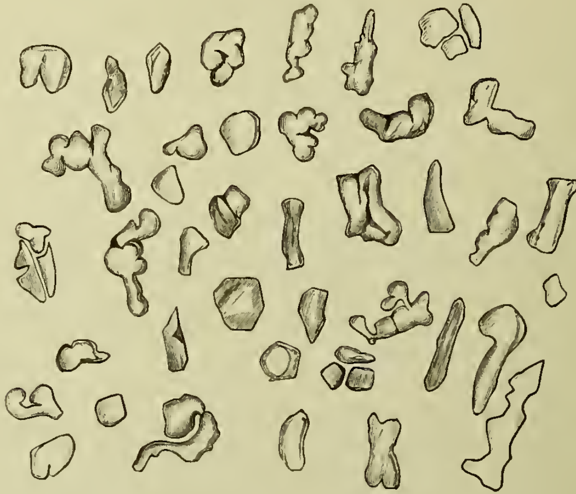
---

[1]) Beiträge zur näheren Kenntniss der Stärkegruppe 1874.

[2]) Tschirch, Ueber die Inhaltsstoffe der Arillen von *Myristica moschata.* Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1888. Ein Verzeichniss der Pflanzen, in denen Amylodextrinstärke aufgefunden wurde, findet sich in A. Meyer, Ueber die Stärke, welche durch Jod roth gefärbt wird. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1886, S. 337.

Chelidonium majus (NÄGELI) und auch sonst da und dort. Ich fand Amylodextrinstärkekörner auch in keimenden stärkefreien Samen *(Sinapis alba)*.

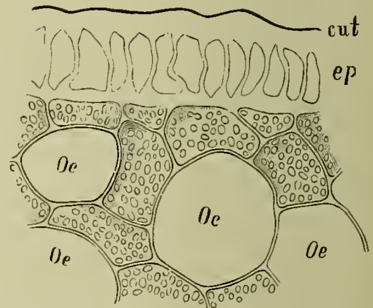
Fig. 95.



Amylodextrinstärkekörner aus der *Macis* (Tschirch).

Sie färben sich mit Jod violettroth oder rothbraun. Am besten erhält man die Reaction, wenn man einen Jodkristall neben das Präparat legt. Tingirt man den Schnitt mit Jodkalijod und erwärmt bis zur Verkleisterung der Stärke, so findet man — sehr schön z. B. beim *Macis* zu beobachten — in jeder Zelle einen rothvioletten Kleisterballen. Von Stärke ist Amylodextrin schwer zu trennen. Eine reine Amylodextrinlösung liefert, wenn man sie gefrieren und wieder aufthauen lässt, runde Scheibchen von reinem Amylodextrin (W. NÄGELI).

Fig. 96.



Randpartie des *Macis* im Querschnitt. *ep* Epidermis, *cut* Cuticula, *Oe* Oelzellen, dazwischen Parenchym mit Amylodextrinstärke (Tschirch).

Bezüglich der anderen Kohlehydrate vergl. weiter hinten Inulin und Zucker. Die Rolle, die das Dextrin im Pflanzenleben spielt, ist ebensowenig wie sein Vorkommen genauer erforscht, da es an charakteristischen mikrochemischen Reactionen fehlt.

Bezüglich des Amyloid vergl. weiter hinten unter „Membran" (S. 173).

Florideenstärke.

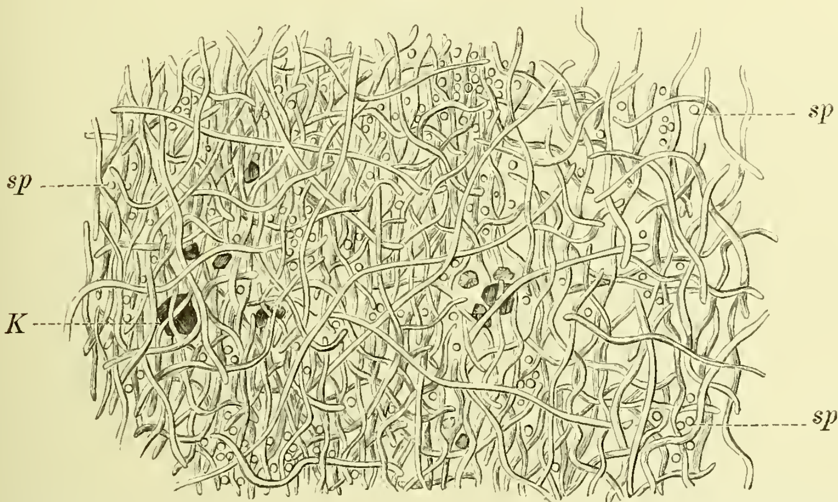
Im Inhalte der Zellen der Vegetationsorgane zahlreicher Florideen (z. B. *Carageen*) finden sich Körnchen, die mit Jod braunroth werden und die man als Florideenstärke unterschieden hat. Da sie mit Jod tingirt und erwärmt einen violetten Kleister geben und auch sonst sich ähnlich wie die Amylodextrinstärke verhalten, so glaube ich, dass sie nichts anderes wie Amylodextrinstärke sind.

Kalksalze.

1. Calciumoxalat.

Von allen Zellinhaltsbestandtheilen besitzt — nächst dem Plasma und der Stärke — der oxalsaure Kalk die weiteste Verbreitung.[1]) Fast alle innerhalb von Pflanzenzellen sich findenden Kristalle sind Calciumoxalat und kaum eine phanerogamische Pflanze ist gänzlich frei davon[2]), ja selbst Pilze *(Fungus laricis)*, Algen und Flechten enthalten es oft. Bei den Pilzen findet es sich meist nicht in den Zellen (Hyphen), sondern denselben aufgelagert oder zwischen dem Hyphengeflecht (*Fung. laricis*, Fig. 97); bisweilen erhält dasselbe dadurch ein kreidiges Aussehen (*Agaricus campestris*). Alle Pflanzenfamilien (mit Ausnahme der *Equiseten*, der meisten Gräser und Farne), alle Organe und fast alle Gewebe der Pflanze können Calciumoxalat enthalten. Es findet sich in Wurzeln *(Ipecacuanha, Althaea, Liquiritia, Gentiana)*, Rhizomen *(Iris, Rhabarber)*[3]), Knollen *(Jalape, Orchis)*, Zwiebeln *(Scilla)*, in der Rinde wohl der meisten dicotylischen Holz-

Fig. 97.



Hyphengeflecht aus dem Fruchtkörper von *Polyporus officinalis Fries*. *sp* querdurchschnittene Hyphen, *K* Calkoxalatkristalle (Vogl).

gewächse (*Zimmet, China*) und in vielen krautigen, und zwar sowohl in der primären, wie der secundären Rinde, aber auch im Holzkörper *(Süssholz)*, im Mark *(Ricinus communis)*, in den Blattstielen, Blättern *(Belladonna, Hyoscyamus*, Fig. 98), den Deckblättern der Blüthen *(Cannabis)*, ja in den Blüthen und Kelchblättern selbst *(Kamille, Tilia)*, den Filamenten *(Caryophylli)*, in Fruchtschalen *(Rhamnus cathartica, Cort. aurantii)*, Samenschalen *(Myristica)*, der Samenhaut (*Illicium anisatum*, Fig. 99) und dem Samenkern (Perisperm der *Cardamomen)*, ja sogar in den Aleuronkörnern der letzteren[4]), doch scheinen die specifisch leitenden Elemente, Gefässe, Siebröhren, Cambiform,

[1]) de Bary, Anatomie, S. 144. Gulliver, On the rhaphides of british plants. Ann. and Magaz. of nat. hist. Ser. 3, V, XI—XVI. Sanio, Ueber die in der Rinde dicotyl. Holzgewächse vorkommenden krystallin. Niederschläge und deren anatom. Verbreitung. Monatsber. d. Berl. Akad. 1857, S. 252 u. and.

[2]) Nach de Vries fehlen sie dem Mais gänzlich.

[3]) Scheele, der die Oxalsäure entdeckte, fand auch zuerst die Oxalatdrusen im Rhabarber und stellte 1782 fest, dass sie Calciumoxalat seien. Vor ihm hatte A. v. Leuwenhoek (1716) das Oxalat der *Sarsaparilla* und der *Iris* gesehen (vergl. Flückiger, Pharmakognosie. S. 226, 315, 373 und Holzner, Flora, 1864).

[4]) Vergl. oben S. 51.

stets frei davon zu sein. Bei den Blättern liegen die Calkoxalatkristalle oftmals an der Grenze des Palissadengewebes und des Merenchyms *(Fol. jaborandi, Fol. hyoscyami)*.

Durch folgende Reactionen kann man nachweisen, dass die vorliegenden Kristalle Calciumoxalat sind. Sie sind unlöslich selbst in heissem Wasser, in verdünnter Kalilauge und in Essigsäure, in Salzsäure leicht und ohne Brausen löslich (zu einer Flüssigkeit, die auf Zusatz von Kaliacetat reichlich undeutlich kristallinisches Calciumoxalat fallen lässt) und werden durch concentrirte Schwefelsäure erst gelöst und dann in Büschel von Gipsnadeln übergeführt, die an der Stelle, wo der Kristall lag oder dicht daneben anschiessen. Concentrirtes Kali löst bei längerer Einwirkung. Durch Glühen des auf ein Deckgläschen übertragenen Präparates auf Platinblech werden sie unter Beibehaltung ihrer Form in Calciumcarbonat, beziehungsweise Oxyd übergeführt und daher trübe und undurchsichtig.

Fig. 98.



Fol. Hyoscyami. Pulver. Flächenansicht der Blattoberseite. Unter der Epidermis mit ihren Spaltöffnungen scheinen die Kristall- und Palissadenzellen *(K* und *p)*, sowie die Gefässbündel *(fv)* durch (Vogl).

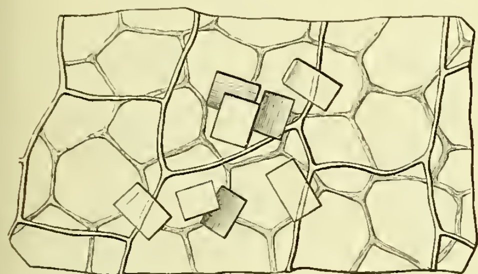
Fast ebenso mannigfaltig wie das Vorkommen des Calciumoxalates ist seine Form. Selbst wohl ausgebildete Kristalle, deren Winkel man messen kann, die also eine kristallographische Bestimmung ermöglichen, sind durchaus nichts seltenes. Häufiger kommen Zwillingsbildungen (Eichengallen (Fig. 101), *Rad. glycyrrhizae*, *Fol. hyoscyami)*, Durchwachsungen, Combinationen, Nadeln oder Raphiden *(Bulbus scillae, Aloëblatt, Rad. sarsaparillae* [1]*), Rad. Ipecacuanhae)*, und Drusen (in sehr vielen Familien: Blätter von *Eucalyptus globulus*, *Rad. saponariae, Rad. althaeae,* Rinde von *Punica granatum*, *Cort. condurango*, *Canellae* und *Frangulae*, *Rhabarberrhizom*, *Jalapenknollen, Daturablätter, Fol. juglandis* (Fig. 107), *Cannabisdeckblätter*, Hypanthium der *Feige*, *Nelken*, in vielen Aleuronkörnern, vergl. Fig. 36), sehr selten Sphärokristalle (bei einigen Pilzen und Cacteen, und auf der Samenschale von *Silene cucubalus* [de Bary, Hegelmaier, Möbius]). Kleine Nadeln finden sich in *Cort. cinnamomi* (Fig. 118), *Cort. dicypellii*, *Rhiz. galangae.* Bisweilen ist die kristallinische Ausbildung so undeutlich, dass man die Kristalle selbst überhaupt nicht als solche erkennen kann, sondern ihre

[1]) Vergl. schon Schleiden, Arch. d. Pharm. 1847, Taf. I, Fig. 5.

kristallinische Natur nur durch das Polarisationsmikroskop nachzuweisen im Stande ist. Man spricht alsdann von einem „Kristallmehl“. Ein derartiges Kristallmehl findet sich bei *Belladonna* (in Blatt und Wurzel), *Solanum paniculatum* [1] (in Blatt, Stengel und Wurzel, Fig. 111, 112), wie überhaupt vielen *Solaneen* [2]), z. B. den *Stipites Dulcamarae,* in den Rinden aller *Cinchonen,* in Mark und Rinde von *Sambucus nigra.* Ueberhaupt pflegen überall dort, wo die ganze Zelle mit Oxalat erfüllt ist, die Kristalle nicht deutlich ausgebildet zu sein [3] (Fig. 110—113).

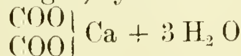
Die häufigste Form des Vorkommens sind die Drusen und die Nadeln. Bisweilen finden sich in ein und derselben Familie Kristallmehl, Einzelkristalle und Drusen. So enthalten die Blätter von *Atropa Belladonna* und *Solanum paniculatum* Kristallmehl, *Hyoscyamus niger* Einzelkristalle, *Datura Stramonium* Drusen.

Fig. 99.



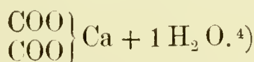
Fruct. anisi stellati (Illicium anisatum). Samenhaut mit Calkoxalatblättchen (Vogl).

Die an den wohlausgebildeten Kristallen angestellten Messungen haben ergeben, dass beim Calciumoxalat zwei Kristallformen vorkommen, und zwar solche des tetragonalen (quadratischen, viergliederigen, pyramidalen, zwei- und einaxigen) Systems der Formel



$$\left.\begin{matrix} COO \\ COO \end{matrix}\right\} Ca + 3\, H_2O$$

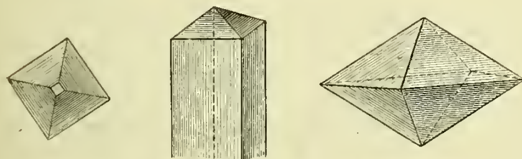
und solche des monosymmetrischen (klinorhombischen, monoklinen, hemiorthotropen, zwei- und eingliedrigen) Systems der Formel



$$\left.\begin{matrix} COO \\ COO \end{matrix}\right\} Ca + 1\, H_2O.$$ [4])

Die Bedingungen, unter denen die eine oder die andere Form entsteht, sind sicher noch nicht ermittelt, jedenfalls ist die Ansicht Souchay's und Lenssen's, dass das monosymmetrische Salz bei rascher, das tetragonale bei langsamer Kristallisation entstehe, ebenso wie die Haushofer's, dass die saure oder alkalische Reaction der Kristallisationsflüssigkeiten (Chlorcalcium und oxalsaures Kali) maassgebend sei, nicht richtig, vielmehr ist nach Kny's Untersuchungen [5]) wahrscheinlich, dass der relative Concentrationsgrad der beiden Lösungen von Bedeutung ist. Bisweilen kommen beide Kristallformen in ein und derselben Zelle vor (Zimmermann).

Fig. 100.



Grundformen des tetragonalen Systems des Calkoxalates mit 3 Mol. Wasser.

---

[1]) Tschirch, Jerubeba. Pharm. Zeit. 1887, S. 731, Fig. 1 und 2.

[2]) Corda, Beitr. z. Kunde d. Kartoffel etc. in Hlubeck's ökon. Neuigkeiten. 1847.

[3]) Doch beobachtete ich einmal im Blattstiel einer *Tradescantia* Zellen, welche vollständig mit sehr kleinen, aber ganz regelmässig ausgebildeten Quadratoctaëdern angefüllt waren.

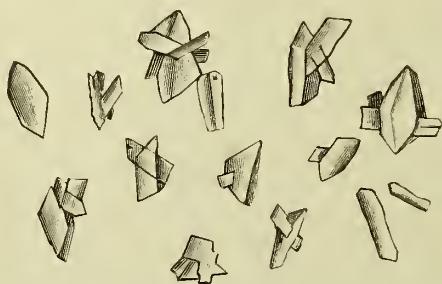
[4]) Souchay und Lenssen (Ann. Chem. u. Pharm. 1856, 100, S. 311). Die meisten Messungen verdanken wir Holzner, Ueber die Kristalle in den Pflanzenzellen. Flora, 1864, S. 273 u. 556 mit Taf. 2 (dort auch die ältere Literatur). Vergl. ferner Sachs, Lehrbuch der Botanik. Haushofer, Mikroskop. Reactionen. 1885. Vesque, Observations sur les cristaux d'oxalate de chaux. Ann. sc. nat. Bot. 6. Ser., Bd. XIX.

[5]) Ueber Kristallbildung beim Calkoxalat. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1887, S. 387.

EMMERLING [1]) hat es wahrscheinlich gemacht, dass in der Pflanze Kristalle von Calciumoxalat auch durch Einwirkung freier Oxalsäure auf Calciumnitrat entstehen.

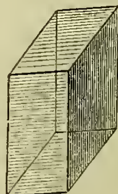
Die Kristalle des tetragonalen Systems (Fig. 100) sind optisch negativ, bilden entweder flache Pyramiden (von Briefcouvertform) oder die Prismenflächen sind ausgebildet oder endlich diese sind mit den Pyramiden-

Fig. 101.



Zwillingskristalle des tetragonalen Systems aus den kleinasiatischen Gallen (Tschirch).

Fig. 102.

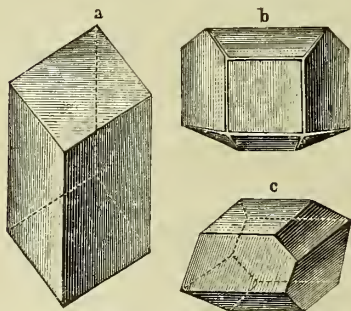


Grundform des monosymmetrisch kristallisirenden Calciumoxalates mit einem Molecül Wasser. Diese Gestalt, Hendyoëder, sieht einem Rhomboëder des hexagonalen Systems ähnlich und wird daher oft als „rhomboëderähnliches Oxalat" bezeichnet.

flächen, beziehungsweise der Basis combinirt. Die Stammform dieses Systems ist wohl das Quadratoctaëder. Sie sind selten, finden sich aber z. B. gut ausgebildet in den Stengeln der *Tradescantia*-Arten, bei *Cacteen, Begonia, Fol. Matico, Paulownia imperialis* (SIEBOLD), *Urceolaria scruposa Ach.* und andere Flechten als Zwillingsbildungen in den Eichengalläpfeln (kleinasiatische Gallen, Fig. 101).

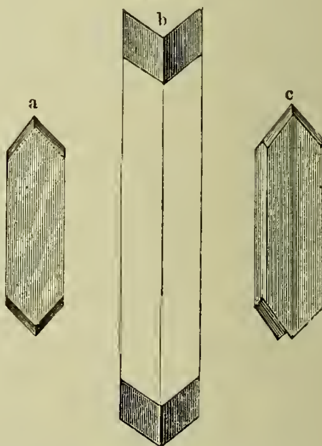
Die Kristalle des im Pflanzenreiche am häufigsten vorkommenden monosymmetrischen Systems (Fig. 101—104) sind [2]) entweder rhom-

Fig. 103.



a Hendyoëder, *b* und *c* durch Abstumpfung aus der Grundform hervorgegangene Kristalle des monosymmetrischen Systems in *Cortex Frangulae* (Dippel).

Fig. 104.



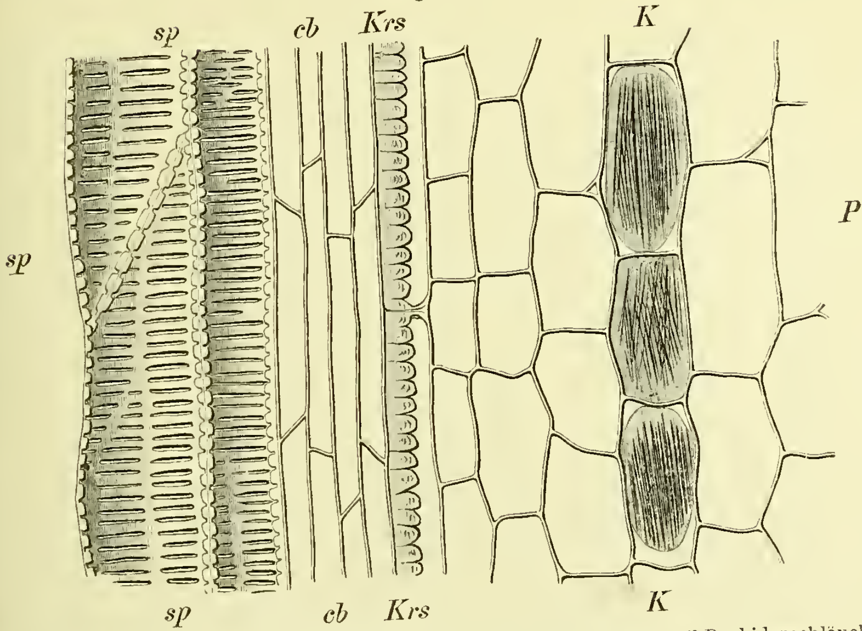
Monosymmetrisches Calkoxalat (Zwillinge) aus *Cort. guajaci* und *Cort. quillajae* (Dippel).

boëderartig (Combination von Prisma und Pinakoïd) oder rhombische Tafeln oder solche, die durch Hinzutreten des Klinopinakoïds verändert wurden *(Guajacum officinale)* oder Combinationen der erstgenannten Rhomboëderformen mit einer Hemipyramide *(Citrus medica)* oder octaëderähnliche Formen

[1]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1872, S. 782.
[2]) Nach ZIMMERMANN und HOLZNER.

(Citrus vulgaris). Die Stammform dieses Systems ist wohl das Hendyoëder,

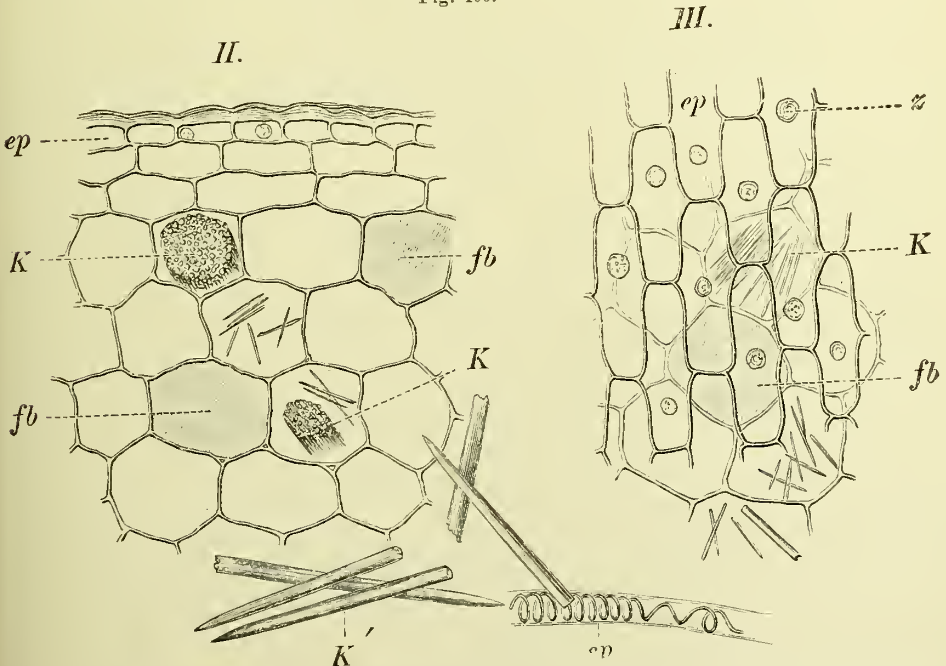
Fig. 105.



Rhiz. Veratri. Partie aus dem Längsschnitt einer *Wurzel.* *P* Parenchym, *K* Raphidenschläuche, *Krs* Endodermis, *sp* Gefässe (Vogl).

welches einige Autoren wegen seiner rhomboëderartigen Form „rhomboëderartiges Oxalat" genannt haben. Die Kristalle dieses Systems besitzen eine

Fig. 106.

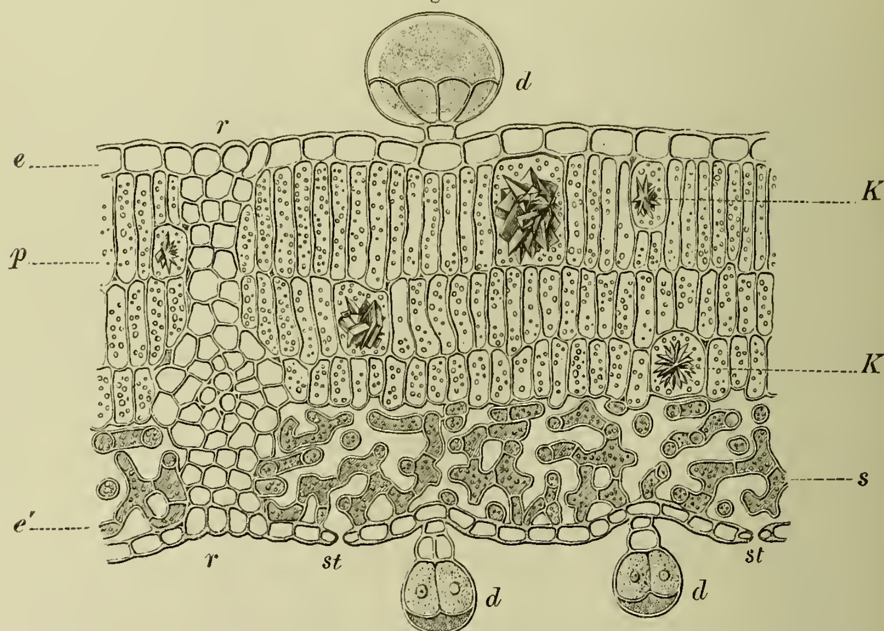


Bulbus Scillae *(Scilla maritima)*. *II.* Querschnitt durch die Randpartie einer mittleren Zwiebelschale. *ep* Epidermis mit Zellkern (*III. z*), *K* Raphidenbündel, *fb* Farbstoffzellen. *III.* Elemente des Pulvers. *ep* Epidermisfetzen, *sp* Spiralgefäss, *K'* isolirte Raphidenstücke (Vogl).

sehr starke optische Anisotropie [1]) und da die weitverbreiteten nadelförmigen Kristalle, die von DECANDOLLE [2]) Raphiden [3]) genannt worden sind, die gleiche Eigenschaft zeigen, so rechnet sie HOLZNER auch zu diesem Systeme. Raphiden (Fig. 105, 106) finden sich bei den Monocotylenfamilien, selten bei den Dicotylen (*Ceylonzimmt*-Rinde, Rinde von *Olea europaea, Rad. ipecacuanhae)*, monosymmetrische Kristalle (beziehungsweise Drusen) in der Rinde von *Quercus pedunculata, Fagus silvatica, Tilia parvifolia,* in dem Laube von *Citrus,* in der Rinde der *Pomaceen,* der *Quillaja*-Rinde, *Guajacum*-Rinde (in den beiden letzteren meist hemitrope Formen). *Strychnos nux vomica, Rhiz. iridis, Rad. columbae, Fol. hyoscyami, Cort. frangulae,* Rinde von *Liquidambar orientalis* (MILLER), *Rad. liquiritiae.*

Die Kristalldrusen (Fig. 107, 108) gehören beiden Systemen an (HOLZNER). Sie sind neben den monosymmetrischen Formen die bei den

Fig. 107.



Fol. juglandis (Juglans regia). Querschnitt durch das Blatt. *e* Epidermis der Oberseite, *e'* Epidermis der Blattunterseite, *d* Drüsenhaare, *K* Kristalldrusen, *st* Spaltöffnungen (ungenau), *p* Palissadengewebe (Vogl).

Dicotylen häufigste Form des Calkoxalates (s. oben S. 102). Bei *Cort. cascarillae, Cort. frangulae, Fungus Laricis, Styrax*-Rinde werden die Drusen von deutlich ausgebildeten monosymmetrischen Kristallen begleitet, gehören hier also wohl zu diesem System.

Die Kristalle kommen entweder in der Einzahl, die Drusen fast immer, oder in der Mehrzahl, in den Zellen vor. Die Raphiden sind stets in grosser Menge in der Zelle vorhanden, dabei meist gleich lang und parallel zu einem Bündel dicht aneinander gelegt *(Scilla, Ipecacuanha* Fig. 105), seltener von ungleicher Länge und Richtung (Rinde von *Aloë arborescens, Ceylonzimmt, Rad. gentianae* — in letzteren sind sie stets sehr klein, Fig. 118).

Das Kristallmehl (s. oben) erfüllt stets so dicht die Zelle, so dass letztere in Folge der zwischen den Kristallen liegenden Luft schwarz erscheinen *(Solanum)* (Fig. 110—113).

---

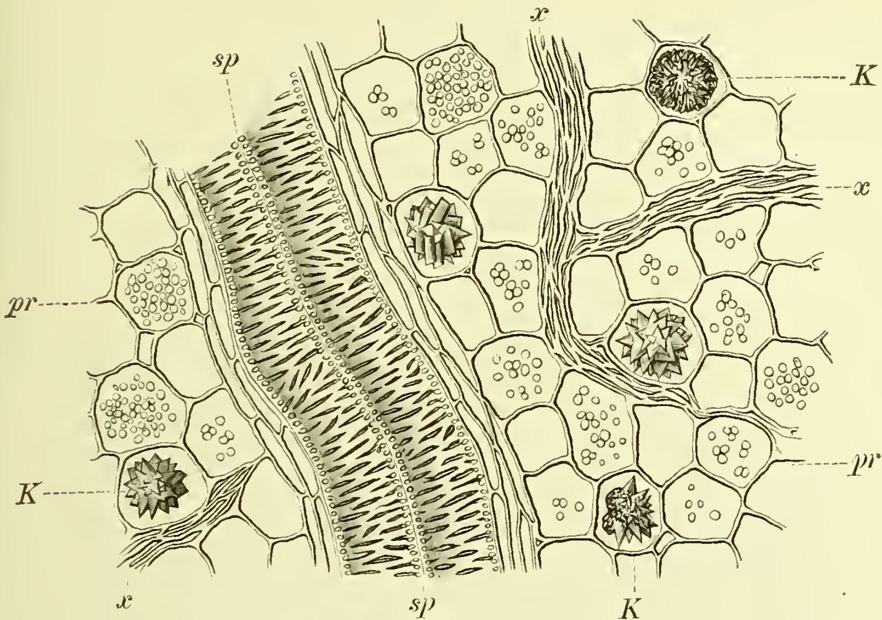
[1]) Man kann sie hierdurch leicht von denen des quadrat. Systems unterscheiden.

[2]) Organographie végétale. I, S. 126.

[3]) Von ῥαφίς, Nadel.

Um sich von der Kristallnatur dieses Mehles zu überzeugen, genügt

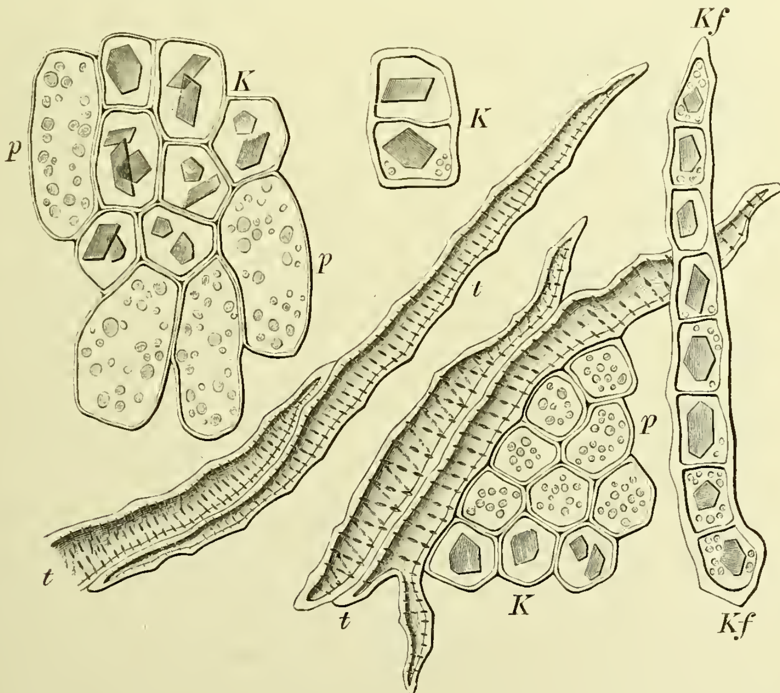
Fig. 108.



Rhiz. rhei (Rheum palmatum und *officin.).* Partie aus dem Längsschnitt. *sp* Gefässe, *K* Kristalldrusen, *x* obliterirtes, *pr* stärkeführendes Parenchym (Vogl).

es die Luft durch Alkohol auszutreiben und die betreffenden Zellen mit dem Polarisationsmikroskop zu betrachten.

Fig. 109.

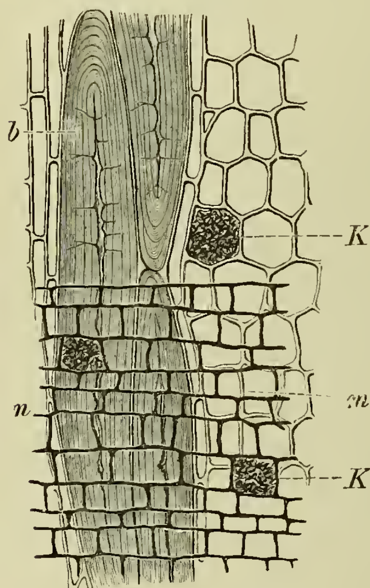


Fol. uvae ursi. Isolirte Elemente des Blattes, *p* chlorophyllführende Zellen, *K* Kristallzellen, *Kf* Kristallkammerfaser, *t* Bastfasern (Vogl).

Die Grösse der Kristalle schwankt sehr. Im Kristallmehl der *Cinchonen* (Fig. 110) und *Solaneen* (Fig. 111—113) sind sie 1—3 Mik. gross, bei *Scilla* (Fig. 106) werden sie 50—400 Mik., ja 1 Mm. lang (Flückiger), die grossen Kristalle im Holzparenchym von *Lign. Santali rubr.* sind oft 0·5 Mm. lang, die des *Irisrhizoms* 200—270 Mik. lang und 27 Mik. breit, die der *Guajacrinde* 100—120 Mik. lang und 15—20 Mik. breit, die Raphiden der *Sarsaparille* 100—125 Mik., die der *Aloë* 200—320 Mik. lang.

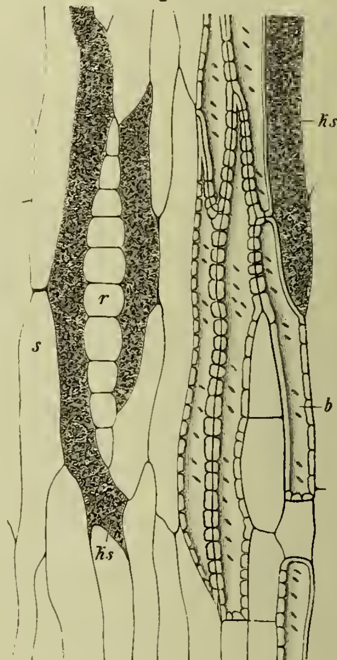
Die Form der Kristallzellen steht zu der Form der Kristalle in Beziehung. So liegen die langen Kristalle des *Iris*-Rhizomes in entsprechend gestreckten Zellen[1] (Fig. 116), ebenso sind die Raphiden führenden Schläuche im Sinne der Nadelaxe gestreckt *(Aloë, Ipecacuanha)*, und dort, wo die Nadeln sehr lang sind, gleichfalls entsprechend gedehnt (bei den Zwiebelschalen der *Scilla* (Fig. 106) z. B. 0·5—1 Mm. lang

Fig. 110.



Cort. Cinchonae Pahudianae. Partie aus dem radialen Längsschnitt. *b* Bastzellen in der Längsansicht. *m* Markstrahlen. *K* Zellen mit Calkoxalatkörnchen (Vogl).

Fig. 111.



Längsschnitt der secundären Rinde der Wurzel von *Solanum paniculatum (Jurubeba)*. *ks* Oxalatschläuche mit Kristallsand, *r* Rindenstrahl, *b* Bastfasern, *s* Siebröhre (Tschirch).

Flückiger). Doch ist bisweilen das sehr kleinkörnige Kristallmehl in verhältnissmässig langgestreckten Schläuchen enthalten *(Solanum paniculatum*[2]) (Fig. 111 und 112).

Sowohl im Siebtheil wie im Holztheil werden die leitenden oder die mechanischen Elemente (Bastzellen) oftmals von übereinanderstehenden kristallführenden Kristallzellen begleitet *(Fol. aurantii, Fol. uvae ursi* (Fig. 109), *Rad. ononidis, Fruct. aurantii, Caryophylli, Cort. frangulae, Cort. granati,* Rinde von *Styrax* und *Pterocarpus Marsupium),* welche „Kristallkammerfasern" (Kristallfasern, Hartig) durch Theilung aus einer Cambiumzelle entstanden sind und sich auch oftmals, wie die gekammerten Fasern, in toto isoliren lassen[3]) (Fig. 109). Jede Zelle dieser Kristallfaser enthält einen, der Zellform entsprechenden, Kristall oder Zwilling *(Süssholz-*

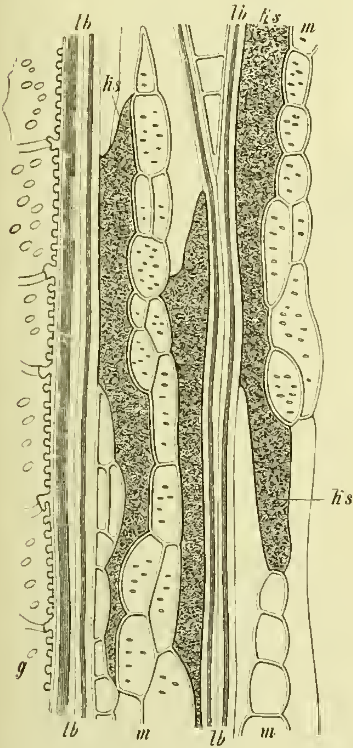
---

[1]) Wie schon Unger (Anatomie und Physiologie. 1855, S. 123, Fig. 2a) erkannte.
[2]) Tschirch, Ueber *Jurubeba*, Pharm. Zeit. 1887.
[3]) Sanio, a. a. O. S. 261.

wurzel). Auch sonst pflegt das Calkoxalat in parenchymatischen Zellen der inneren Gewebe vorzukommen. Nur bei *Acanthaceen* fand Weiss das Oxalat in der Epidermis.

Die, besonders in den Monocotylenfamilien *(Lilieen, Orchideen)* ganz allgemein verbreiteten, dort oft ausschliesslich die Form des Calkoxalates darstellenden und nur selten *(Allium)* fehlenden Raphiden liegen im fertigen Zustande wohl immer in einer dem Zellinhalte entstammenden (bisweilen plasmahaltigen) Schleimhülle, die bei Wasserzutritt schwillt, bisweilen sogar die Zelle sprengt, sich auflöst und die Raphiden hervortreten lässt. Man kann sich (z. B. bei *Rad. sarsaparillae* oder *Bulb. Scillae)* von dem Vorhandensein dieser Hülle dadurch überzeugen, dass man die Raphiden mit Salzsäure löst, auswäscht und die Scheide mit Carmin oder Anilinroth kenntlich macht.

Fig. 112.



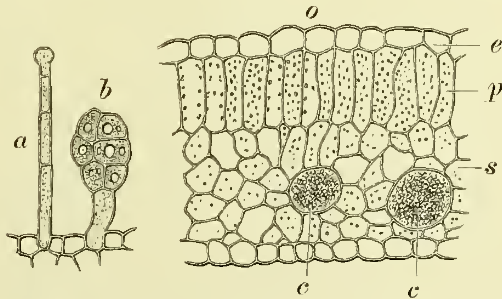
Längsschnitt des Holzkörpers der Wurzel von *Jurubeba paniculata*. *ks* Oxalatschläuche, *m* secundäre Markstrahlen, *g* Gefäss, *lb* Libriform (Tschirch).

Bisweilen stehen auch die Raphidenzellen in Reihen übereinander (Hanstein's „Schlauchgefässe"), wie z. B. im Laube von *Scilla* und vieler *Amaryllideen* (hier besonders in den Blättern[1]) (Fig. 105).

Bisweilen sind die Raphidenschläuche *(Aloë, Rhiz. veratri)* oder Kristallzellen *(Iris*-Rhizom) verkorkt.

Bereits Schroff[2]) hat nachgewiesen, dass die hautreizende Wirkung des Saftes der *Scilla*zwiebel nicht auf einen hautreizenden

Fig. 113.



Querschnitt durch das Blatt von *Atropa Belladonna*. *o* Oberseite, *e* Epidermis, *p* Palissadengewebe, *s* Schwammparenchym; *c* Kristallmehl-Zellen; *a* und *b* Haare der Mittelrippe (Tschirch).

Stoff, sondern auf ein Eindringen der Raphiden in die Haut zurückzuführen ist und dass filtrirter Saft die Reizung nicht hervorruft. Neuerdings hat dies Stahl auch für andere Pflanzen *(Arum)* bestätigt.

Die Kristalle liegen entweder frei in der Zelle[3]) *(Iris*-Rhizom, Kristallmehl der *Solaneen, Cinchonen)* oder sind in Schleim eingebettet (Raphiden) oder sind von einer Plasmahaut oder von einer, der Innenwand der Zelle, meist einseitig, ansitzenden besonderen Cellulosemembran umgeben. Letzterer Fall, der zuerst von Rosanoff[4]) aufgefunden wurde, scheint ziemlich

---

[1]) Hanstein, Ueber ein System schlauchartiger Gefässe. Monatsschr. d. Berlin. Akad. 1859.

[2]) Beiträge zur näheren Kenntniss der Meerzwiebel. Wien 1865, S. 265.

[3]) Es bleibt zu untersuchen, ob nicht auch hier eine Hülle irgend welcher Art den Kristall umgibt (Plasmarest?).

[4]) Botan. Zeit. 1865, S. 329 und 1867, S. 41; de la Rue, Bot. Zeit. 1869, S. 537.

verbreitet zu sein. Er findet sich bei den Drusen im Mark von *Ricinus communis* (ROSANOFF), und dem Blattparenchym von *Hoya carnosa* (DE LA RUE), den geknickten Kristallen in den

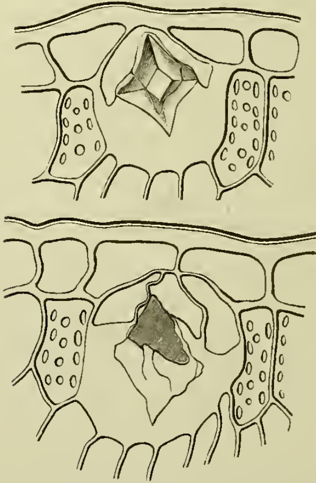


Fig. 114.

Oxalatkristalle in einer Membrantasche aus dem Blatte von *Citrus vulgar. Risso* (Tschirch).

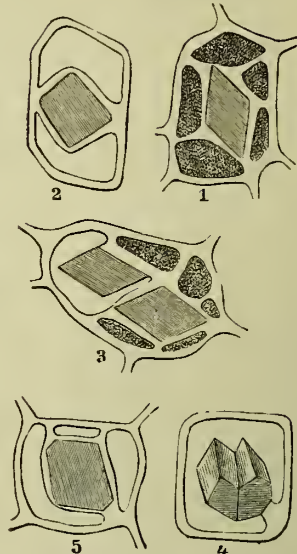


Fig. 115.

Calkoxalatkristalle in Membrantaschen und an Membranzapfen aus dem Marke von *Caesalpinia Sappan* (Vogl).

Wurzelknöllchen von *Robinia pseudacacia* [1]), den Kristalldrusen im Mark von *Kerria japonica*, dann bei *Salix aurita*, *Populus italica* (PFITZER), im Fruchtfleisch von *Rosa* (POULSEN), in den Korkzellen von *Quercus Suber* (v. HÖHNEL) und den Endospermzellen von *Manihot Glaziovii* (MOORE), den wohl ausgebildeten Kristallen im Mark von vielen Farbhölzern, besonders *Caesalpinia Sapan* [2]) (Fig. 115), den grossen, monosymmetrischen Kristallen in denBlättern von *Citrus vulgaris* [3]) (Fig. 114), den Kristallen in der Rinde von *Fagus silvatica*, *Rhamnus frangula*, *Styrax Benzoin* u. a. Bei *Citrus* ist der Kristall an seiner Basis meist der sehr dicken Innenwand eingefügt. Diese Zellstoffumhüllungen kommen nach PFITZER [4]) bei *Citrus vulgaris* in der Weise zu Stande, dass die frei im Plasma entstandenen Kristalle zunächst allseitig von einer Cellulosehaut umgeben werden, die erst nachträglich mit der Innenwand der Membran verwächst.

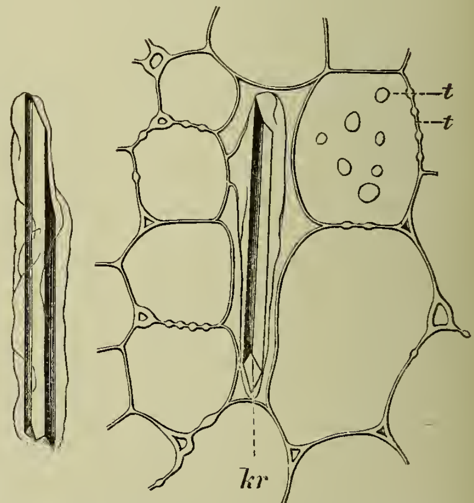


Fig. 116.

Calkoxalatnadeln aus *Rhiz. iridis* in der, von der Membran abgelösten, Suberinhülle, *kr* Kristallzelle, *t* Tüpfel (Tschirch).

[1]) TSCHIRCH, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1887, Taf. 5, Fig. 12.

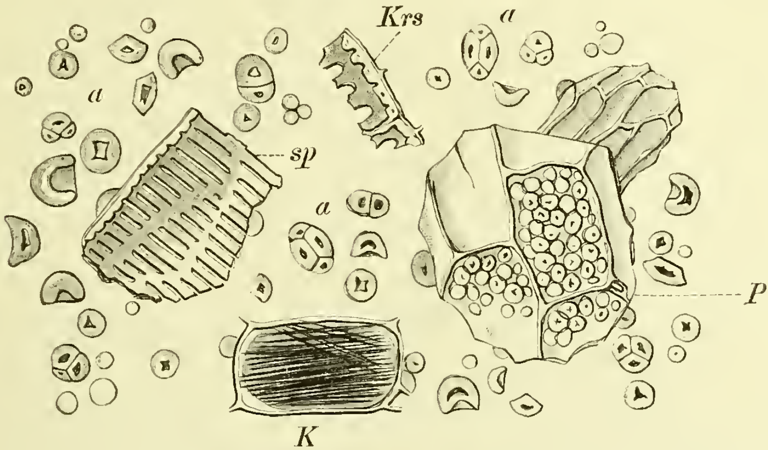
[2]) VOGL, Commentar z. österr. Pharm., S. 50, Fig. 49.

[3]) PFITZER, Flora, 1872, Taf. III und SCHACHT, Abhand. d. Senckenberg. Ges. in Frankfurt. I, Taf. VII, Fig. 21.

[4]) Ueber die Einlagerungen von Calkoxalatkristallen in die pflanzliche Zellhaut. Flora, 1872, S. 97; DE LA RUE sah bei *Pothos* eine andere Entstehungsweise.

Das Calciumoxalat entsteht wohl in der Mehrzahl der Fälle im Plasma; daher umgibt die meisten Kristalle noch ein zartes, durch Jodsalzsäure deutlich zu machendes Plasmahäutchen, auch wenn sie vollständig ausgebildet sind.

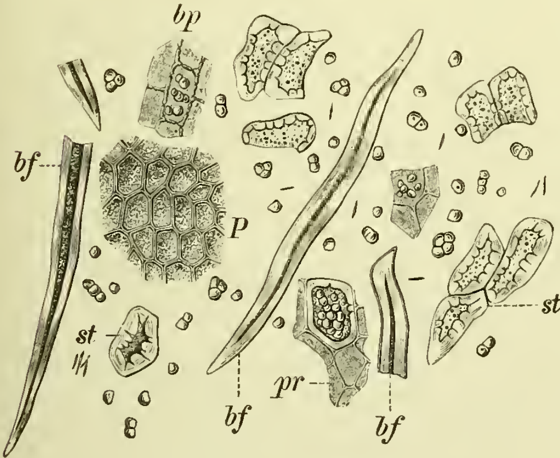
Fig. 117.



Rhiz. Veratri albi (Veratrum). Elemente des Pulvers. *K* Raphidenschlauch, *P* stärkeführendes Parenchym, *Krs* Bruchstück einer Endodermiszelle, *sp* Gefässfragment, *a* Stärkekörner (Vogl).

Bei den Drusen findet sich häufig auch noch ein proteïnartiger Kern (Sanio), der durch die gleiche Behandlungsweise deutlich gemacht werden kann. Den proteïnartigen, geformten Inhaltsbestandtheilen (Zellkern, Chromatophoren mit Ausnahme der Aleuronkörner) fehlen Calkoxalatbildungen stets. Die Kristalleinschlüsse des Aleurons werden ebenfalls im Plasma gebildet und mit der Hüllmasse erst nachträglich umgeben.

Fig. 118.



Bestandtheile des Zimmtpulvers.
bf Bastfasern, *st* Steinzellen, *pr* Parenchym der Mittelrinde, *bp* Bastparenchym, *P* Steinkork. Zerstreut Stärkekörnchen und Kristallnadeln. Vergr. 160 (Möller).

In einigen Fällen scheint jedoch das Calciumoxalat auch im Zellinhalt gebildet zu werden, wenigstens konnte Zimmermann, ebensowenig wie ich, bei *Tradescantia*-Arten eine Haut um die Kristalle auffinden.

Bemerkenswerth erscheint es, dass Calciumoxalat, wie Graf Solms[1]) zuerst zeigte, auch in der Membran gebildet werden kann. Besonders bei *Gymnospermen* (Rinde der *Cupressineen*, Bastzellen von *Taxus*, Sclereïden von *Welwitschia*, Aussenwand der Epidermiszellen von *Dammara)*, sowie bei *Dracaenen* (in der Aussenwand der Epider-

[1]) Ueber einige Vorkommnisse geformten oxalsauren Calkes in der lebenden Zellmembran. Bot. Zeit. 1871, S. 509, Taf. VI; vergl. auch Sachs' Lehrbuch u. Zimmermann, Pflanzenzelle.

miszellen) sind sie häufig zu beobachten (PFITZER). Auch die Membran von Zellen der Samenschale *(Chelidonium)* enthalten bisweilen Calciumoxalatkristalle (MARLOTH).

Diese Kristalle werden entweder in der Membran selbst gebildet, ohne in Berührung mit dem Plasma zu kommen *(Juniperus virginiana)*, nach PFITZER, oder entstehen in der Wandschicht des Plasmas und gelangen erst bei der nachträglichen Verdickung der Membran in das Innere derselben (Bastzellen von *Taxus* [STRASBURER], Idioblasten von *Nymphaea* [SCHENCK]).

Betreffs der Menge des Oxalates führt die mikroskopische Abschätzung leicht zu ungenauen Vorstellungen. *Bulbus scillae* ist anscheinend ziemlich reich daran und doch ergab eine directe Bestimmung der Oxalsäure nur 3⁰/₀ Oxalat, in einem guten *Rhabarber* fand FLÜCKIGER 7·3⁰/₀. Den grössten Reichthum an Oxalat im Gebiete der angewandten Anatomie bietet vielleicht die *Guajac*-Rinde dar, nämlich 20·7⁰/₀. Die Kristalle sind hier auch so gross, dass die Innenseite der Rinde im Sonnenlichte glitzert, wie mit tausend Diamanten besät. Dieses Glitzern bei Bestrahlung mit directem Sonnenlicht zeigen auch einige *Chinarinden.*

Einige Flechten zeichnen sie übrigens gleichfalls durch hohen Gehalt an Oxalat aus. So kommen in *Lecanora esculenta* 22·8⁰/₀ desselben vor. Der Pilze war schon oben (S. 101) gedacht worden.

Welche Function die Ablagerungen der Calkoxalatkristalle besitzen, ist sicher noch nicht ausgemacht. Vielleicht machen sie die gebildete und nicht assimilable Oxalsäure unschädlich. Jedenfalls bleiben sie in der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Fälle unverändert am Orte der Entstehung liegen und ihre Elemente treten nicht wieder in den Stoffwechsel zurück. Sie verhalten sich also wie Excrete. Dass sie in einigen Fällen, besonders bei Calkmangel, sich auflösen, habe ich vor Kurzem nachgewiesen. Auch sonst sind einige Fälle bekannt, wo sie wieder gelöst wurden.[1]) So lösen sich z. B. die Calkoxalatraphiden in den Schleimzellen der *Orchis*-Knollen beim Austreiben der letzteren sammt dem Schleime auf (FRANK).

Bezüglich der Vertheilung, des Wachsthums und der Vermehrung des Calciumoxalates hat KÖPERT[2]) nachgewiesen, dass in den jüngsten Anlagen (Vegetationspunkt, junge Blattanlagen) Kristalle fehlen, aber schon in noch nicht assimilationsfähigen Blättern der Blattknospe, kurz unterhalb des Stengelvegetationspunktes, auftreten und an Grösse gegen die älteren Stengel- und Blatttheile hin zunehmen. Sie haben ihre definitive Grösse erreicht, wenn in der Zelle Wachsthumsstillstand eingetreten ist.

Uebrigens kommen auch in der Pflanze gelöste Oxalate, besonders Kalioxalat vor, z. B. im *Sauerampfer, Rhiz. curcumae, Oxalis* u. and.

2. Calciumcarbonat.

Das Carbonat ist in der Pflanze ungleich seltener als das Oxalat abgelagert. Es findet sich[3]) entweder als äusserliche Auflagerung auf der Membran (besonders bei zahlreichen Algen) oder in Form von oberflächlichen Calkkrusten, bezw. Schüppchen (bei *Plumbagineen, Saxifrageen)*, oder der Membran molecular eingelagert *(Corallina,* Haare vieler *Cruciferen* [*Capsella*], *Boragineen* [*Lithospermum*], *Compositen* [*Helianthus*], Brennhaare der

[1]) Zusammengestellt in meiner Notiz in Sitzungsber. Ges. naturf. Freunde. Berlin 1887; vergl. auch PFEFFER, Pflanzenphysiologie, S. 303. — Aë, Flora, 1879; RAUMER, Petersb. naturf. Ges. XIII u. bot. Centralbl. XVII. — SCHACHT, Anatomie u. Physiol. I, S. 416. — LIEBENBERG, Wiener Akad. Sitzungsber. 84, 1 (1882).

[2]) Wachsthum u. Vermehrung der Kristalle in den Pflanzen. Zeitschr. f. Naturwiss. 1885, S. 140.

[3]) Ueber die Verbreitung des Calkcarbonates vergl. die bei ZIMMERMANN (Pflanzenzelle, S. 105) citirten Arbeiten von COHN, DE BARY, SCHENCK, HABERLANDT, MOHL, RUSSOW, PENZIG, PAYEN, SCHACHT, RICHTER, MOLISCH u. A.

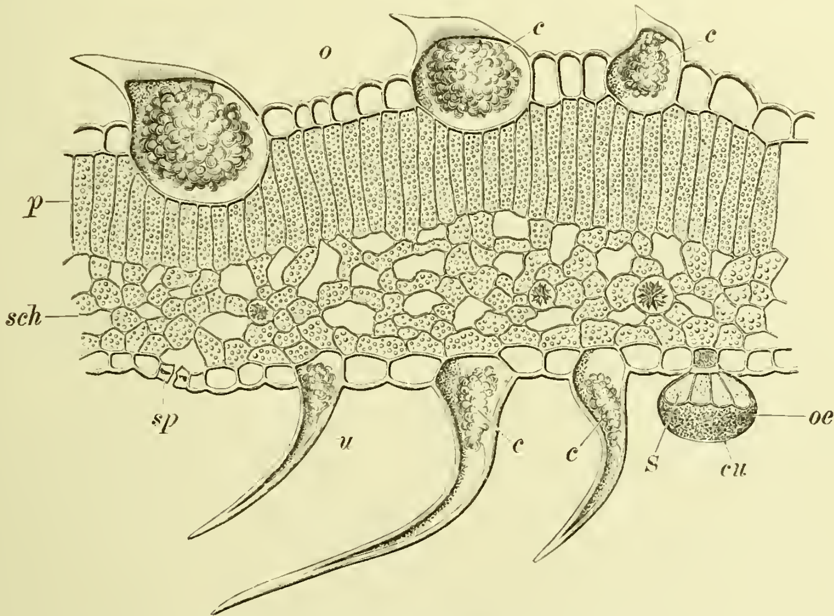
Loasaceen), hier stets die Sprödigkeit der betreffenden Pflanzen, bezw. Zellen bedingend[1]), in sehr wenigen Fällen im Innern der Zellen.

Ein ganz absonderlicher Fall der Einlagerung von Calciumcarbonat sind die Cystolithen.[2])

Diese eigenartigen Bildungen finden sich besonders bei *Urticaceen* und *Acanthaceen*, ferner in den Wurzeln von *Rhinanthus* (Russow) und bei einigen *Cucurbitaceen* (Penzig) besonders im epidermalen Gewebe.

Bei den *Urticaceen*[3]) (z. B. *Cannabis, Boehmeria, Morus, Broussonetia, Humulus, Ficus)* sind die Cystolithen meist auf das epidermale Gewebe beschränkt, doch kommen sie bei manchen derselben und den *Acanthaceen* auch in dem Grundgewebe vor. Sie liegen entweder in einer Epidermiszelle *(Ficus)* oder einem Trichom *(Cannabis)* (Fig. 119), entweder

Fig. 119.



Querschnitt durch ein Laubblatt des Hanfes.
o Oberseite, *u* Unterseite, *p* Palissadengewebe, *sch* Schwammparenchym. *c* Cystolithen, *sp* Spaltöffnung, *oe* Oeldrüse (*S* Secernirungszellen, *cu* Cuticula) (Tschirch).

der Aussen- oder (bei den Haaren) bisweilen der Seitenwand angeheftet. Sie werden gebildet aus einer, aus Cellulose bestehenden Grundsubstanz und in diese molecular eingelagertem Calkcarbonat. Die Grundsubstanz bleibt übrig, wenn man das Carbonat mit Säuren löst und zeigt alsdann Cellulosereaction, concentrische Schichtung und radiale Streifung. Die Cystolithen sind in den uns hier interessirenden Fällen stets mehr oder weniger traubige Körper mit grobwarziger Oberfläche, die in den Zellraum hineinragen. Sie sind entweder gestielt *(Ficus)* oder ungestielt *(Cannabis)* der Zellwand angefügt.

Der Stiel ist frei von Calkcarbonat.[4]) Die Form der traubigen Cystolithen ist von der Form der sie enthaltenden Zellen abhängig. Bei

[1]) Das Nähere siehe bei de Bary, a. a. O.

[2]) κύστις Blase; λίθος Stein. Von Weddell (Ann. sc. nat. IV, Ser. II, S. 267) eingeführter Name. Entdeckt wurden sie von Meyen 1839. Literatur bei de Bary, Anatomie, S. 109.

[3]) Vergl. auch Schacht, Ueber die gestielten Traubenkörper im Blatte vieler *Urticaceen*. Abhandl. der Senckenberg. Ges. I, S. 133.

[4]) Melnikoff, Untersuch. über das Vorkommen des kohlensauren Calkes in Pflanzen. Inaug.-Dissert. Bonn 1877.

Ficus elastica (unserem sogenannten Gummibaum) sind sie länglich gestreckt, bei *Cannabis* in den kurzen Haaren rundlich, in den langen gestreckt oder verbogen — dem ihnen zur Verfügung stehenden Raum entsprechend (Fig. 119).

Die Cystolithen entstehen in der Weise, dass zunächst ein Cellulosezapfen gebildet wird und in die Spitze desselben erst nachträglich Calciumcarbonat eingelagert wird.

Welche Function die Cystolithen besitzen, ist sicher noch nicht ausgemacht. Bei calkfreier Cultur unterbleibt die Calkeinlagerung, bei Etiolement verschwindet aus den Cystolithen der Calk, wenigstens bei *Ficus elastica* (Chareyre).

Im Innern der Zelle, d. h. im Zellinhalt, findet sich körniges Calciumcarbonat nach Molisch[1]) im Kernholze (besonders den Gefässen und Tracheïden) der meisten einheimischen Laubbäume *(Ulmus, Acer, Pirus, Sorbus, Fagus)*, ferner in allen Markzellen und im Wundholz (Schutzholz), aber auch in verschiedenen Pericarpien und Samenschalen. Auch die *Myxomyceten* sind bisweilen reich daran.

Die Form, in der das Calciumcarbonat auftritt, ist meist die undeutlich kristallinischer Körnchen, seltener sind Kristalle, besonders Drusen.

Mikrochemisch lässt sich Calciumcarbonat leicht von dem Oxalat dadurch unterscheiden, dass es beim Zutreten von Essigsäure (wie jeder anderen Säure) unter lebhafter Blasenentwicklung gelöst wird. Bei kleinen Mengen muss die Säure rasch und in concentrirter Form zutreten.

In den aleppischen Gallen fand Hartwich cystolithenartige Körper, die kein Calkcarbonat enthalten, aber auch Bildungen der Membran sind (Fig. 127 *h*). Bei *Laminaria* fand ich Cystolithen, deren Natur unbekannt ist (Oelkörper?).

3. Calciumsulfat.

Gyps ist in dem Formenkreise, der uns hier interessirt, selten geformt zu finden. Da er in 400 Theilen Wasser bei 20° C. sich löst, so fehlt es wohl in den Pflanzen an den Bedingungen für seine Bildung. Er findet sich kristallisirt in den Zellen einiger *Desmidiaceen* (A. Fischer) und im Zuckerrohr (Hansen).

Mikrochemisch lässt sich Gyps leicht durch seine Unlöslichkeit in Schwefelsäure vom Oxalat unterscheiden.

4. Calciumphosphat

findet sich reichlich wohl nur im Tekholze *(Tectonia grandis L.)* auskristallisirt[2]), die Asche desselben enthält 29·6% Phosphorsäure (Thoms), im Zellsaft gelöst ist es häufig (Hansen), bei *Euphorbien, Angiopteris* und *Mesembryanthemum* erhielt Hansen Sphärokristalle.

Schwefel.

Schwefel wurde bisher nur im Inhalte von Spaltpilzzellen gefunden. Besonders die in faulenden Fabrikabwässern häufige *Beggiatoa alba* ist reich daran — oft ist das ganze Lumen mit stark lichtbrechenden Schwefelkörnchen erfüllt.

Mikrochemisch sind sie leicht durch ihre Löslichkeit in heissem Kali oder schwefligsaurem Natron, sowie (nach Abtödtung der Zellen) in Schwefelkohlenstoff zu charakterisiren.

---

[1]) Ueber die Ablagerungen von kohlensaurem Calk im Stamme dicotyler Holzgewächse. Sitzungsber. der Wiener Akad. 1881, S. 7 und Anatomie d. Holzes d. *Ebenaceen*, ebenda 1879.

[2]) Kopp-Will'scher Jahresbericht d. Chem. 1860, S. 531 u. 1879, S. 937. — Thoms in Ber. d. d. chem. Ges. 1877, S. 2234. Just's bot. Jahresber. 1881, I, S. 402.

Der Zellsaft.

Wir hatten oben bei der Betrachtung des Protoplasmas gesehen, dass die Zelle im jugendlichen Zustande ganz mit Plasma erfüllt ist und dass sich erst später in dem Cytoplasma kleine, mit Flüssigkeit erfüllte Räume (Vacuolen) fanden. Diese sind mit einer wässerigen Lösung, dem sogenannten Zellsaft, erfüllt, fliessen später zusammen und bilden endlich, wenn das Plasma sich an die Wand zurückgezogen hat, in der fertigen Zelle einen grossen centralen Raum. Der letztere enthält die mannigfachsten Stoffe, organische und unorganische, gelöst, und ist nur durch das eine charakterisirt, dass er nämlich in der überwiegenden Anzahl der Fälle eine saure Reaction besitzt.

Die Stoffe, die im Zellsaft gelöst vorkommen, sind: Inulin, lösliche Stärke, Hesperidin, Aloin, Asparagin, Zucker, Gerbstoff, Alkaloide, Glycoside, Salze, alle der Pflanze nothwendigen anorganischen Säuren und Basen.

I. Organische, im Zellsaft gelöste Körper.

Inulin.

Das Inulin, welches VALENTIN ROSE 1804 zuerst als Absatz aus dem Decocte der Wurzel von *Inula Helenium* beobachtete und dem THOMSON[1]) den Namen Inulin (nach *Inula Helenium)* beilegte, ist ein Kohlehydrat, welches als Reservestoff die Stärke ganz allgemein in den Wurzeln und Rhizomen der perennirenden Compositen vertritt, also sowohl in *Rad. taraxaci, Rad. arnicae, Rhiz. enulae, Rad. bardanae, Rad. artemisiae,* der *Cichorien*-Wurzel, als auch in den *Dahlia*- und *Helianthus*-Knollen aufzufinden ist, aber auch in den oberirdischen Theilen vorkommt. In einigen Fällen wurde es auch in der der *Aggregaten*-Gruppe benachbarten Gruppe der *Campanulinae*, nämlich in Gattungen der *Campanulaceen, Lobeliaceen, Goodeniaceen, Stylidiaceen*, nachgewiesen.[2]) PRANTL[3]) erhielt z. B. aus den Wurzeln der aufblühenden *Campanula rapunculoides L.* ziemlich viel Inulin. Bei diesen Pflanzen findet es sich bisweilen auch in den Blättern (DEHMEL).

Ausserdem wurde Inulin auch von G. KRAUS in den Wurzeln der *Violacee: Ionidium Ipecacuanha*, der Stammpflanze der *Rad. Ipecacuanhae lignos.*, nachgewiesen.[4])

---

[1]) System of Chemistry. IV (London 1871 fifth edit.), 75, in früheren Auflagen schon vor 1811. — Ueber das Inulin vergl. ferner (ausser den unten citirten Arbeiten): SACHS, Bot. Zeit. 1864. — HOLZNER, Flora. 1864, 1866, 1867. — DRAGENDORFF, Materialien zu einer Monographie des Inulins. Petersburg 1870. — KILIANI, LIEBIG's Annal. 205 (1880), S. 145—190. HUSEMANN-HILGER, Pflanzenstoffe.

[2]) G. KRAUS, Bot. Zeit. 1875, S. 171.

[3]) Das Inulin. München 1870, S. 43.

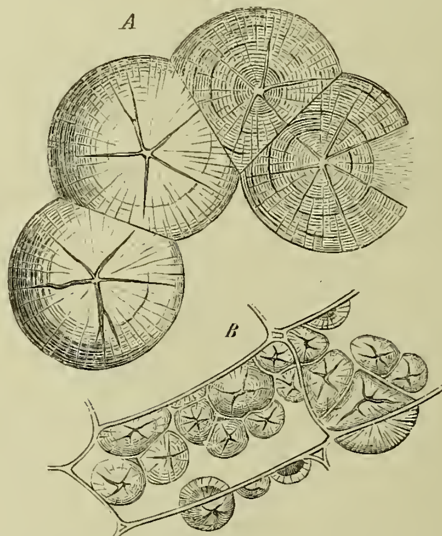
[4]) Vergl. auch TSCHIRCH und LÜDTKE, Ueber *Ipecacuanha*. Arch. d. Pharm. 1888 und FLÜCKIGER, Pharmakognosie. 1883, S. 396.

Die australische *Lerp-Manna*, die man früher für inulinführend ansah, ist jedoch frei davon.[1])

Dem Inulin kommt ganz der Charakter eines Reservestoffes[2]) zu, und vertritt dasselbe das Amylum vollkommen. Nur in einigen wenigen *Compositen*-Wurzeln ist Stärke gefunden worden[3]), doch führen nach G. Kraus die Chlorophyllkörner, die Spaltöffnungszellen, die Siebröhren und die Stärkescheiden auch der inulinbildenden Pflanzen durchweg Stärke.

In lebenden Wurzeln oder Blättern scheidet sich das Inulin nicht in fester Form aus, es ist stets im Zellsaft gelöst und bildet oft sehr concentrirte Lösungen in der Pflanze. Erst wenn man der Auflösung das Wasser entzieht, wie z. B. beim Trocknen der Drogen, wird Inulin in fester Form, und zwar meist als amorphe, glasige, die Zelle nicht ganz erfüllende Masse, seltener in Gestalt weicher, rhombischer Nadeln[4]) oder sphärokristallartiger Körper (*Bardana*, Fig. 121) niedergeschlagen. So ent-

Fig. 120.



Inulin-Kristalldrusen (Sphärokristalle) aus *Radix Enulae*, *Dahlia*- oder *Helianthus*-Knollen, durch längeres Einlegen frischer Stücke der Wurzeln oder Knollen in Glycerin oder Alkohol. *B* mit Sphärokristallen gefüllte Zellen, *A* einzelne stark vergrösserte Sphärokristalle (Sachs).

halten alle Parenchymzellen der *Rhiz. enulae*[5]), *Rad. taraxaci*, *Rhiz. arnicae*, *Rad. artemisiae*, *Rad. pyrethri* und der *Cichorien*-Wurzel je einen eckigen, farblosen, schwach doppelbrechenden[6]) Inulinklumpen, der sich beim Erhitzen des Präparates leicht in der wässrigen Einlegeflüssigkeit, aber auch in warmem Glycerin, Essigsäure und Ammoniak, kalten con-

---

[1]) Wittstein's Vierteljahrsschr. f. prakt. Pharm. XVII (1866), 161 und XVIII, 1.

[2]) Bisweilen wandert es jedoch wohl auch (G. Kraus).

[3]) Vogl, Commentar zur österr. Pharmakopoe, 1869, S. 347. Dippel, Mikroskop. II (1869), 27.

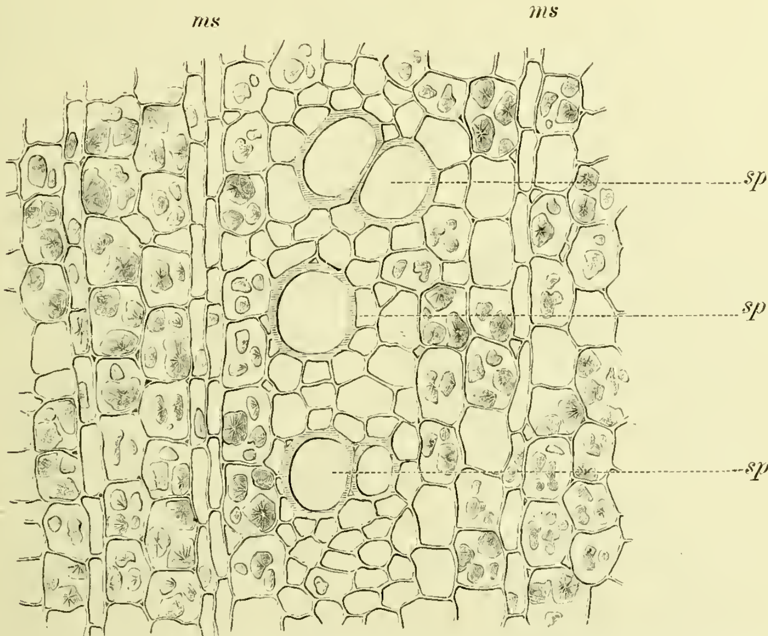
[4]) Bot. Zeit. 1876, S. 368.

[5]) Bei *Rhiz. enulae* sind bisweilen undeutliche Sphärokristalle aufzufinden.

[6]) Sachs, Lehrbuch. 1874, S. 65.

centrirten Mineralsäuren und Kali auflöst. Noch besser und immer in kristallinischer Form kann man das Inulin sichtbar machen, wenn man den frischen Pflanzentheil, z. B. einen *Dahlia*-Knollen oder eine *Cichorien*- oder *Löwenzahn*-Wurzel, einige Tage (3—8) in starken Alkohol oder Glycerin einlegt. Nach einigen Tagen findet man alsdann, da das Inulin in Alkohol unlöslich, in Glycerin schwerlöslich ist, in den Zellen mehr oder weniger grosse, kuglig-knollige, traubenförmige Aggregate von Sphärokristallen (Sphäroïdkörpern) von um einen Punkt gestellten dicht verbundenen Nadeln. Auch wenn man die Gewebe gefrieren lässt, erhält man dieselben, da sie sich beim Aufthauen nicht wieder lösen. Diese Aggregate [1]) reichen oft über ganze Zellcomplexe und sind meist angeschossen, als gäbe es keine trennenden Membranen. Wohl ausgebildete isolirte Sphärokristalle

Fig. 121.



Rad. bardanae (Lappa tomentosa) Partie aus dem Querschnitt. *ms* Markstrahlen, *sp* Gefässe. In Holzparenchym und Markstrahlen Inulinsphärokristalle (Vogl).

sind selten. Bei *Rad. taraxaci* (Alkoholmaterial) fand ich Aggregate zierlich dentritisch verzweigter Nadeln.

Da die Inulinsphärokristalle aus radial gestellten, das Licht doppelbrechenden kristallinischen Elementen bestehen, so zeigen sie im polarisirten Licht das charakteristische schwarze Kreuz, wenn auch weniger auffällig als die Stärke. Sie sind nicht quellungsfähig, lösen sich in kaltem Wasser fast gar nicht oder doch sehr langsam, in Wasser von 50° schnell, ebenso in Kali und Mineralsäuren. Kochen mit verdünnten Mineralsäuren führt sie in Glucose über. Jodlösung färbt sie nicht, sondern dringt nur in die Spalten zwischen den Nadeln ein und bedingt so eine lichte Gelbfärbung des Ganzen.

---

[1]) Vergl. Sachs, Lehrbuch, Fig. 51; Vogl, Commentar, Fig. 41; Flückiger und Tschirch, Grundlagen, Fig. 54 *a* u. *b*.

Legt man Durchschnitte durch frische Pflanzentheile in Alkohol, so wird das Inulin in Form kleiner Sphärokristalle (selten) oder als feines Mehl niedergeschlagen.

Das Inulin besitzt eine geringe Kraft der Wasserbindung. Lufttrockenes Inulin enthält nur 5—10% Wasser. Es löst sich leicht in heissem Wasser zu einer nicht kleisterartigen, linksdrehenden Lösung und scheidet sich in der Kälte daraus unverändert wieder ab, sofern die Lösung nicht längere Zeit höherer Temperatur ausgesetzt, also in linksdrehenden Zucker übergeführt war. Durch anhaltendes Kochen (schneller durch verdünnte Säuren) geht Inulin in Fruchtzucker, Lävulose und einen dritten Zucker über.

Die Quantität des Inulins ist in den *Compositen* sehr verschieden, in manchen Fällen sehr gering, so z. B. in *Rhiz. arnicae.* Aus getrockneter *Rhiz. enulae* hingegen erhielt Dragendorff 44% Inulin, aus der im October gesammelten, bei 100° getrockneten Wurzel von *Taraxacum* 24·3%, während dieselbe im März, ebenfalls in Dorpat gegraben, nur 1·7% Inulin ergab.[1] *Rad. pyrethri* enthält oft über 50%.

Die grossen periodischen Schwankungen (nach Prantl verschwindet es z. B. oft zur Blüthezeit der Pflanze ganz) und der Mangel eines charakteristischen Reagens für kleine Mengen erklären es wohl, dass das Inulin in vielen Wurzeln mehrjähriger *Compositen* noch nicht nachgewiesen werden konnte. Da das Inulin, wie die Stärke, ein Reservestoff ist, so erklären sich die periodischen Schwankungen im Inulingehalt aus dem Entwicklungsstadium der Pflanze. Im Herbst wird viel, im Sommer wenig Inulin in den Wurzeln zu finden sein, da es zur Entwicklung der jungen Pflanze verbraucht wurde.

In den knollentragenden *Compositen* will Popp neben dem Inulin Synanthrose und eine lösliche Modification des Inulins (Inuloid) gefunden haben

Hesperidin.

Das Hesperidin[2]) ist besonders in den unreifen Früchten der *Aurantieen* (und zwar schon im Fruchtknoten) im Zellsaft gelöst enthalten[3]) und wird beim Eintragen derselben in Alkohol ebenfalls in Form von Drusen, Einzelkristallen oder Sphärokristallen, ausgeschieden. Die letzteren sind jedoch sowohl sehr viel kleiner als meist auch viel weniger gut ausgebildet, als die Sphärokristalle des Inulins. Ich fand sie in allen[4]) daraufhin untersuchten frischen *Citrus*-Früchten von ganz kleinen bis zu wallnussgrossen. Sie lösen sich mit gelber Farbe in verdünntem Kali und auch in Kalialkohol. Trocknet man hesperidinhaltige Pflanzentheile, so trocknet das Hesperidin zu gelblichen körnigen Massen ein. In dieser Form ist es z. B. in den *Fruct. aurantii immatur.*, wo seine Menge 10% beträgt, enthalten. Auch die *Fol. buccu* enthalten Hesperidin (Flückiger).

---

[1]) Flückiger und Tschirch, Grundlagen. S. 111.

[2]) Vergl. auch Husemann-Hilger, Pflanzenstoffe.

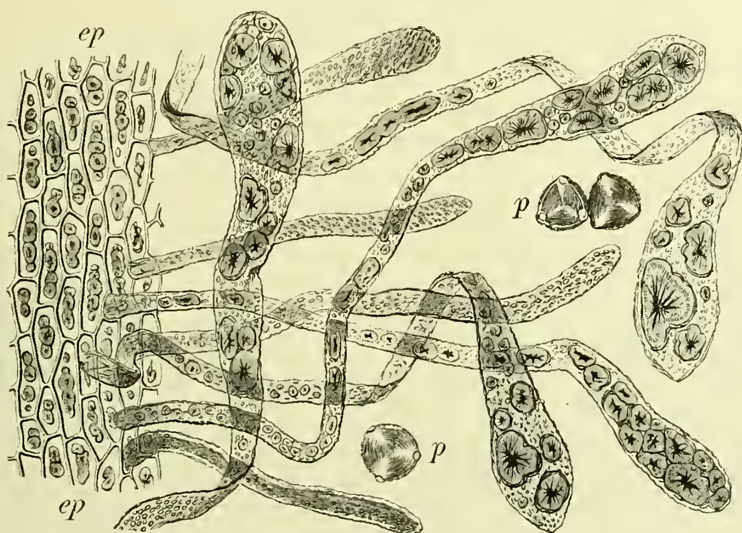
[3]) Vergl. Pfeffer, Hesperidin, ein Bestandtheil einiger *Hesperideen.* Bot. Zeit. 1884. Tiemann und Will, Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1881, 946. Virgil nannte die *Pomeranzen* Aepfel der Hesperiden, der Töchter der Nacht in der griechischen Mythologie.

[4]) Sachs (Lehrb. 1874, S. 65) fand sie nur in einigen Exemplaren.

Kristalle und Sphärokristalle anderer Natur.

Sphärokristalle anderer Natur sind auch bei gleicher oder ähnlicher Behandlung (wie S. 117) anderer Pflanzen erhalten worden[1], doch interessiren uns hier nur die, welche von Zucker herrühren und die man sowohl in getrocknetem *Bulbus scillae*[2] (Fig. 125), als auch in den Knollen von *Malanthium cochinchinense* (Fig. 125), sowie — neben Einzelkristallen — in der *Dattel* und neben amorphen Massen und Einzelkristallen in der *Siliqua dulcis* findet. Ob die beim Eintragen des Schnittes in Glycerin nach einiger Zeit auch von mir beobachteten Vogl'schen Sphärokristalle[3] in den, im frischen Zustande gelben Saft enthaltenden, keulenförmigen Staubfadenhaaren der *Verbascum*-Blüthe (Fig. 122) wirklich Zucker sind, bleibt noch zu untersuchen (vergl. Zucker). Auch Saponin hat Vogl in der Wurzelrinde einer *Polygalee* in Sphärokristallen gefunden. Nach Hansen ist die Entstehung von Sphärokristallen an das Vorhandensein eines viscosen Körpers gebunden.

Fig. 122.



Staubfadenhaare von *Verbascum Thapsus* mit den auf Glycerinzusatz entstandenen Zucker-(?) Sphärokristallen. *ep* Epidermis des Filamentes mit rothgelben traubigen Chromatophoren. *p* Pollenkörner (Vogl).

Keine Seltenheit dagegen sind Kristalle organischer Verbindungen in den Geweben der Drogen oder auf der Oberfläche derselben. Dieselben sind ausnahmslos beim Trocknen der Drogen aus Lösungen der betreffenden Körper auskristallisirt, die einzelne Zellen oder ganze Gewebe erfüllten. So fand ich in den Oelzellen des Pfeffers reichlich Piperinkristalle, in den *Cubeben* findet sich auskristallisirtes Cubebin, auf und in der *Vanille* Vanillin, auf der *Meisterwurz* Imperatorin in oft recht ansehnlichen Kristallen, im Rhabarberpulver Chrysophansäurenadeln (Fig. 123), auf und zwischen den Hüllkelchblättern der *Cina* San-

[1] Vergl. Sachs, Lehrbuch, S. 65; bez. der Sphärokristalle des phosphorsauren Calkes vergl. Hansen, Ueber Sphärokristalle. Arbeiten d. bot. Inst. Würzburg, III, S. 92. Leitgeb, Ueber die durch Alkohol in *Dahlia*-Knollen hervorgerufenen Ausscheidungen. Bot. Zeit. 1887.

[2] Vogl, Commentar, S. 40, Fig. 42.

[3] Vogl, Atlas, Taf. 24, I.

Fig. 123.

Rhiz. rhei. Elemente des Pulvers. *K* Calkoxalatdrusen, *a* Stärke, *pr* Parenchym, *sp* und *sp'* Fragmente der Gefässe, *ch* Chrysophansäurenadeln (?), *h* obliterirtes Parenchym (Vogl).

Fig. 124.

Querschnitt durch ein Blatt von *Mentha piperata* an der Mittelrippe. *ep* Epidermis, *pal* Palissaden, *coll* Collenchym, *sch* Schwammparenchym, *sp* Spaltöffnung, *öd* Oeldrüsen mit Mentholkristallen *(m)*, *gfb* Gefässbündel, *g* Gefässtheil, *c* Cambium, *sb* Siebtheil mit Bastzellen *(b)* (Tschirch).

tonin, auf den *Tonko*-Bohnen Cumarin, in den Secreträumen von *Myroxylon Pereirae* Benzoesäurenadeln, in den Lücken des *Tamarinden*-Mesocarpes Weinstein und Zuckerkristalle, in den Intercellularen der Rinde der Alkannawurzel (oft 170 Mik. lange) Alkanninnadeln. Auch Theobromin und Picrotoxin ist kristallinisch gefunden worden.

Legt man Schnitte durch *Pfefferminzblätter* in Wasser oder Glycerin, so kristallisirt in den Oeldrüsen Menthol in schönen Drusen und Nadeln aus (Fig. 124 *m*).[1]

Der Fettsäurekristalle (in den *Myristica*-Samen, dem *Cacao*, den *Coccels*-Körnern etc.) ist schon oben gedacht worden (vergl. S. 73).

Lässt man Schnitte durch gerbstoffreiche Gewebe längere Zeit in Glycerin liegen, so beobachtet man oftmals Kristalle von Gallussäure und fast ausnahmslos schiessen bei gleicher Behandlung an den Köpfchen der inneren Drüsen des Wurmfarnrhizoms — falls letzteres nicht zu alt war — Kristalle von Filixsäure an. Auch Amygdalin und Strychnin sieht man bisweilen nachträglich aus Glycerinpräparaten der betreffenden Drogen auskristallisiren.

Asparagin, Leucin, Tyrosin.

Auch das Asparagin[2] ist im Zellsaft gelöst und scheidet sich gleichfalls, wenn man die Pflanzentheile in Alkohol einlegt, in Form von Kristallen aus. Dieselben sind jedoch keine Sphärokristalle[3], sondern wohl ausgebildete, oft sehr lange und die Membranen ganzer Zellzüge durchbohrende Einzelkristalle oder Zwillinge.

Das Asparagin spielt im Stoffwechsel zweifellos eine grosse Rolle — als Vorstufe zu den Eiweisskörpern — und besitzt eine weite Verbreitung. In grösseren Mengen findet es sich im Spargel, weniger in der *Rad. liquiritiae* (2—4%), der *Althaea*-Wurzel (2%), den *Fol. belladonnae,* den *Mandeln.*

Ueber das Vorkommen und die Bedeutung des Leucins und Tyrosins, die man gleichfalls durch Einlegen der Pflanze in Alkohol kristallinisch erhalten kann, wissen wir noch wenig.[4]

Zucker.

Der Zucker in seinen verschiedenen Formen[5] ist ein sehr häufiger Bestandtheil des Zellsaftes, da, wie wir oben sahen (S. 76), die Stärke, wie überhaupt die Kohlehydrate in dieser Form in der Pflanze zu wandern pflegen. Besonders das Leitparenchym der Rinde und des Markes der krautigen Stengel ist während des Wachsthums wohl immer zuckerreich. Der Zucker tritt aber auch als Reservestoff auf, so z. B. in den Wurzeln der Zuckerrübe, in perennirenden Stamm- und Wurzeltheilen mancher *Umbelliferen, Rad. angelicae* und *levistici, Labiaten, Rad. gentianae,* dem Stengel von *Saccharum, Sorghum saccharatum, Zea Mais* und *Rubia* und in den Zwiebeln von *Allium Cepa*, ferner dient Zucker z. B. in vielen Früchten *(Birne, Kirsche, Baccae juniperi* [40%] *Anis)* als Anlockungsmittel der Vögel, um dieselben zum Verspeisen der Früchte und darnach zur Verbreitung der

[1]) Oft ist das Menthol auch schon in der Pflanze auskristallisirt (Unterschied von anderen *Mentha*-Arten).

[2]) Pfeffer, Pringsheim's Jahrb. 1872, S. 533. Borodin, Bot. Zeit 1878, S. 801. Vergl. auch Husemann-Hilger, Pflanzenstoffe.

[3]) Nur in einem Falle sah ich in *Rad. althaeae* an der Grenze einer Schleimzelle Asparaginsphärokristalle oder besser gesagt warzenförmige Drusen dieses Körpers.

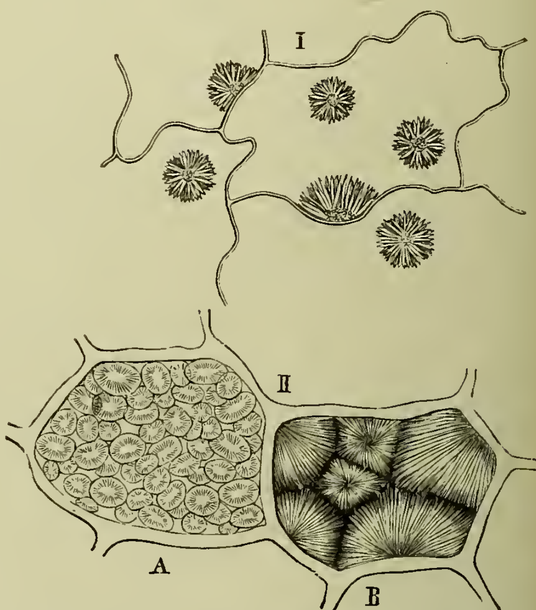
[4]) Borodin, Botan. Zeit. 1882, S. 591 und Bot. Centralbl. 1884, S. 102.

[5]) Vergl. auch Husemann-Hilger, Pflanzenstoffe und Ebermayer, Physiol. Chemie d. Pflanzen.

Samen zu veranlassen. Zur Anlockung der Insecten wird Zuckersaft von den Nectarien zahlreicher Blüthen secernirt (s. hinten Secretionsorgane). Auch extraflorale Nectarien scheiden ihn ab *(Fol. laurocerasi)*. Selten tritt Zucker als Exsudat auf Samen auf *(Sem. colchici)*. Den Charakter „transitorischen" Zuckers trägt der Zucker im Frühlingssafte, dem sogenannten Blutungssafte, einiger Bäume (besonders *Acer saccharatum)*.

Da Zucker (besonders Rohrzucker und Traubenzucker) in Wasser sehr leicht löslich ist und besonders aus unreinen Lösungen schwer kristallisirt, so findet man in getrockneten zuckerhaltigen Pflanzentheilen den Zucker nur höchst selten kristallisirt vor (*Dattel, Scilla, Siliqua dulcis*, Knollen von *Melanthium cochinchinense*, Mesocarp der *Tamarinde*, siehe oben S. 119 und Fig. 25), häufiger schon in warzigen Massen *(Feige)*, meist zu unförmlichen oder körnigen, oder die ganze Zelle erfüllenden durchscheinenden Massen eingetrocknet *(Siliqua dulcis)*.

Fig. 125.



Sphärokristalle von Zucker, *I* aus *Bulbus Scillae*, *II* aus den Knollen von *Melanthium cochinchinense*, *A* kleinere, *B* grössere Sphärokristalle (Vogl).

Der von allen Zuckerarten am schwersten lösliche Milchzucker, welcher bei gewöhnlicher Temperatur 7 Theile Wasser zur Lösung erfordert, ist im Pflanzenreiche nur erst ein einziges Mal (1871) in der Frucht der tropischen *Achras Sapota L.* aufgefunden worden.

Traubenzucker (Dextrose[1]), rechtsdrehend, ist am häufigsten im Pflanzenreiche, er findet sich z. B. in den Weintrauben, Feigen (40%), Mandeln, Birnen, Kirschen, Himbeeren, im Süssholz, in den Tamarinden, in den wachsenden Geweben fast aller jugendlichen Pflanzentheile, im Speichergewebe vor vollständig erlangter Reife (Endosperm unreifer Samen, unreife Kartoffel) und bei beginnender Auflösung beim Keimen (Endosperm von *Zea Mais, Ricinus)*. Auch die Eschenmanna enthält 16% Dextrose.

Fruchtzucker (Schleimzucker, Lävulose[2]), linksdrehend, im Honig und mit Traubenzucker gemischt in zahlreichen Früchten.

Rohrzucker (Rübenzucker, Saccharose) rechtsdrehend, in *Siliqua dulcis* (55%), im Zuckerrohr (16—18%), Zuckerhirse (10—11%), Zuckerrüben (10—14%), Mohrrüben (7—8%), im Saft verschiedener Palmen *(Dattel, Cocospalme)*, im Saft des Zuckerahorns (8%), im Maisstengel (5—7%), in der Ananas, in den Mandeln (10%), Erdbeere, Apfel, Birne, Banane, Melone, dem Kürbis, im Nectar der Blüthen, in den Gräsern, *Rad. angelicae* und *Cichorii*. Durch Inversion[3]) geht er in ein Gemenge von 1 Mol. Traubenzucker (Dextrose) und 1 Mol. Lävulose (Fruchtzucker), sogenanntem Invert-

[1]) *dexter*, rechts.
[2]) *laevus*, links.
[3]) Kochen mit verdünnten Säuren.

zucker[1]), über; letzterer findet sich im Obst und Honig und in der Eschenmanna neben Rohrzucker u. and.

Mycose[2]) (Schwammzucker) in Pilzen, z. B. in dem Mutterkorn, *Fung. sambuci*; in der *Trehala*.

Melitose[3]) in der Manna der Blätter von *Eucalyptus*-Arten (australische Manna).

Synanthrose, in den Knollen der Syngenesisten (*Dahlia*-Knollen: *Topinambur*).

Gentianose findet sich in *Rad. gentianae*.

Melezitose ist nachgewiesen in der *Manna laricina*, dem Safte der Lärche.

Inosit (nicht vergährbar) findet sich in unreifen Samen von *Phaseolus, Pisum, Ervum,* in Blüthen und Wurzeln von *Taraxacum*, in den *Fol. juglandis* u. and.

Cathartomannit in den *Fol. Sennae*.

Mikrochemisch wird Traubenzucker durch die Trommer'sche Reaction in den Zellen nachgewiesen.[4]) Man legt die Schnitte successive in concentrirte Kupfersulfatlösung, Wasser (gut, aber nicht zu lange auswaschen!) und verdünntes Aetzkali und kocht in diesem. Ist Zucker vorhanden, so entsteht in den Zellen ein rother körniger Niederschlag von Cu_2O. (Die Reaction erfordert Uebung.)

In Folge von Einschnitten entstehen an der Mannaesche kristallinische Exsudate (*Manna*), die bis 80% eines süssen Körpers, des Mannits $C_6H_8(OH)_6$ enthalten. Letzterer ist auch enthalten in einigen Pilzen, Algen (*Laminaria saccharina*), ferner in allen Theilen von *Olea europaea* (Lucca), in *Scorzonera hispanica*, dem Rhizom von *Triticum repens* und im Milchsaft der *Lactuca virosa*.

Ein dem Zucker, beziehungsweise der Stärke, verwandter, im Thierreich weit verbreiteter Körper, das Glycogen, das durch Jod rothbraun gefärbt wird, ist, wie Errera gezeigt hat, ganz allgemein im Zellinhalt der Pilze (vornehmlich wohl an das Plasma gebunden) verbreitet und spielt hier genau die gleiche Rolle, wie Zucker und Stärke bei den höheren Pflanzen, d. h. er wandert nach den Orten des Verbrauches und der Speicherung. Das Epiplasma de Bary's ist durch Glycogenreichthum besonders ausgezeichnet (S. 34).

Indire t zu den Zuckerarten gehören auch die Glycoside, die (als gepaarte Zuckerarten) beim Behandeln mit verdünnten Säuren in Zucker und einen zweiten je nach der Art des Glycosids verschiedenen Körper zerfallen.

Schleim.

Schleim als Bestandtheil des Zellinhaltes ist besonders bei den unterirdischen Reservebehältern, namentlich den Zwiebeln, häufig. So erfüllt derselbe z. B. die Parenchymzellen der Zwiebel von *Allium Cepa, Scilla maritima* (hier als Sinistrin unterschieden) reichlich und ist hier wohl zweifellos Reservestoff, denn er verschwindet nach und nach beim Austreiben der Zwiebel. Ebenso ist auch der im Inhalte der grossen Schleimzellen der *Orchis*-Knollen[5]) (Salep) und der im Gewebe des Rhizoms

---

[1]) *invertere*, umdrehen, weil der Invertzucker links dreht, d. h. in entgegengesetztem Sinne wie der Rohrzucker.

[2]) μύκος Pilz.

[3]) μέλι Honig.

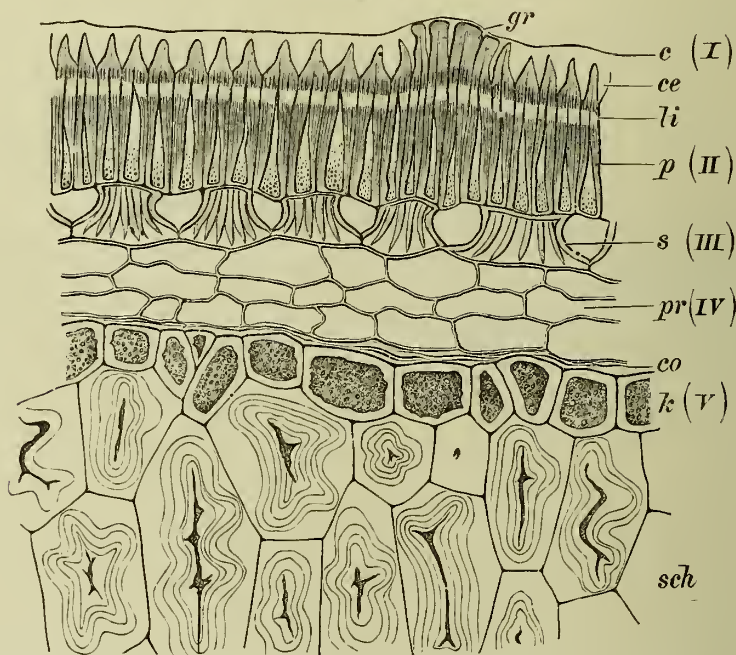
[4]) Sachs, Mikrochem. Reactionsmethoden. Münch. Akad. Sitzungsber. 1859.

[5]) Vergl. Frank, Pringsh. Jahrb. 5., Berg, Atlas. Taf. 23.

von *Symphytum officinale* auftretende Schleim ohne Zweifel Reservestoff. Das Gleiche dürfte von den Schleimen der *Rhiz. tritici* (dem Triticin und dem dieses begleitenden Schleime) gelten.

Eine andere Function besitzen die Schleime oberirdischer Organe. In den sogenannten Succulenten sind oft ganze Zellcomplexe (Fig. 204), besonders der grosse Markkörper reichlich mit Schleim erfüllt. Da schleimige Flüssigkeiten langsamer verdunsten als reines Wasser, ja sogar in concentrirter Form Wasser anziehen, so sind diese Schleimgewebe als Anpassungserscheinungen an trockene Klimate aufzufassen [1]) (vergl. hinten Speichergewebe). In der That sind alle Succulenten, z. B. *Aloë*, *Euphorbia resinifera* und andere Bewohner trockener Gegenden, wie man sich leicht überzeugen kann, befähigt, selbst von dem Boden losgelöst, ja abgeschnitten, noch lange

Fig. 126.



Querschnitt durch die Randpartie des Samens von *Trigonella Faenum graec.* *c* Cuticula, *p* Palissadenschicht mit Lichtlinie *(li)*, *s* Trägerzellen, *pr* Parenchym, *k* Kleber-(Oel-)schicht, *sch* Schleimendosperm; die Zellen besitzen dicke geschichtete Schleimmembranen (Tschirch).

Zeit frisch zu bleiben. Bei einigen Algen kommt Schleim ebenfalls im Inhalte von Zellen vor *(Laminaria)*. Das Gleiche gilt auch von *Tussilago Farfara* (Blattstiel). (Vergl. auch Speichersystem und die Tabelle auf S. 204.)

Der Schleim ist meist homogen im wässerigen Inhalte vertheilt, selten körnig, bisweilen wird er *(Orchis)* von einem zarten Plasmanetze [2]) durchzogen. Um den Schleim beobachten zu können, legt man den Schnitt in Bleiessig (A. Meyer), in dem der Schleim nicht quillt wie in Wasser, oder behandelt ihn mit dem Zuckerreagens (Kupfersulfat-Kali), wodurch er blau gefärbt wird.

Das nahe verwandte Gummi ist als Inhalt von Zellen sehr selten. Es wird bei der Bildung des „Schutzholzes" in die Gefässe und Tracheïden

---

[1]) Vergl. Tschirch, Bezieh. d. anat. Baues zu Klima und Standort. Linnaea. 1881, S. 156. Volkens Flora der egyptisch-arabischen Wüste. Berliner Akademie. Sitzungsber. 1886.

[2]) Vergl. A. Meyer, Archiv d. Pharm. 1886, S. 328 u. 331.

von aussen her secernirt (physiologisches oder Schutzgummi).[1]) Woher es stammt, ist noch nachzuweissen. Wahrscheinlich wird es in den benachbarten, stärkeführenden Holzparenchym- oder Markstrahlzellen gebildet und in die Gefässe und Tracheïden secernirt. Es erfüllt an den Wundstellen die Zellen des trachealen Systems auf eine kurze Strecke so vollkommen[2]), dass dieselben selbst für Luft undurchlässig sind.

Auch die 1 Mm. langen und 0·3—0·5 Mm breiten Gummibeulen der Inflorescenzaxen von *Hagenia abyssinica* enthalten eine gummiartige Masse.

Da Schleime in Alkohol unlöslich sind[3]), so kann man sich die Schleiminhalte der Zellen auch durch Einlegen der Schnitte in Alkohol deutlich machen. Der Schleim erscheint dann meist als ein die Zelle vollständig oder nicht mehr ganz erfüllender Klumpen (sehr schön bei *Bulbus scillae* und frischer *Rhiz. tritici* zu beobachten). In Wasser quillt der Gummischleim zu einer zähen fadenziehenden Masse. Nur das Schutzgummi, dessen ich oben gedachte, verhält sich durchweg anders. Es quillt weder in Wasser, noch selbst in Kali, ist in Schwefelsäure unlöslich und stimmt nur darin mit den echten Schleimen überein, dass es bei der Oxydation mit Salpetersäure (neben Oxalsäure) Schleimsäure liefert.

In den Schleimzellen der *Orchis*-Knollen, die im fertigen Zustande vollständig von dem Schleime erfüllt sind, entsteht der letztere, wie FRANK[4]) zeigte, im Plasmakörper in Form eines kugeligen Tropfens, der dem Zellkern anliegt und ein kleines Raphidenbündel enthält. Erst nach und nach vergrössert er sich, bis er endlich das ganze Lumen, bis auf zierliche, durch die Zellhöhlung gespannte Plasmafäden, anfüllt.

Auch die ganz allgemein in den Raphidenschläuchen vorkommenden Schleime (s. oben S. 109) entstehen in ähnlicher Weise im Inhalt. Der Schleim der *Tiliaceen (Flor. tiliae)* und *Sterculiaceen* (Cacaosamenschale) wurde bisher ebenfalls als ein Inhaltsschleim aufgefasst. Ich habe jedoch nachweisen können, dass er wahrscheinlich ganz ebenso wie der der *Malvaceen* als Membranschleim angelegt wird, späterhin jedoch verquillt und so einen grossen Schleimklumpen im Inhalte bildet; benachbarte Schleimzellen fliessen dabei unter Zerreissung und (bisweilen) nachträglicher Auflösung der trennenden (primären) Membranen zusammen.

Viel häufiger als im Zellinhalt tritt Schleim und Gummi in Form secundärer Membranverdickungsschichten oder als Umwandlungsproduct dieser auf (Leinsamen, Quittensamen, Senf, *Althaea*-Wurzel, Zimmt-, Ulmenrinde, Frangularinde, Endosperm von *Faenum graecum* (Fig. 126), *Flor. tiliae, Sem. Cacao*, Buccublätter). Ja selbst die Membranen ganzer Gruppen von Zellen können sich in Gummi umwandeln (Traganth, Gummi arabicum, *Flor. Malvae arbor.*). Bei den Algen verschleimt oft die äusserste Schicht der Membran (*Spirogyra*) oder die Intercellularsubstanz *(Carageen, Laminaria)*. Auf diese Verhältnisse werde ich daher bei Besprechung der Membran und der lysigenen Excretbehälter zurückzukommen haben (vergl. Schleimmembran und Metamorphose der Membran, sowie die Tabelle auf S. 204).

Gerbstoffe.

Körper aus der Classe der Gerbstoffe[5]) kommen häufig im Zellsafte gelöst in den Pflanzen vor, besonders in den Rinden und den meisten

---

[1]) Vergl. TEMME, Landwirthschaftl. Jahrbücher. 1885, S. 465. — FRANK, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1884, S. 322. — FLÜCKIGER und TSCHIRCH, Grundlagen. S. 145.

[2]) Vergl. TEMME, a. a. O. Taf. VI, Fig. 4.

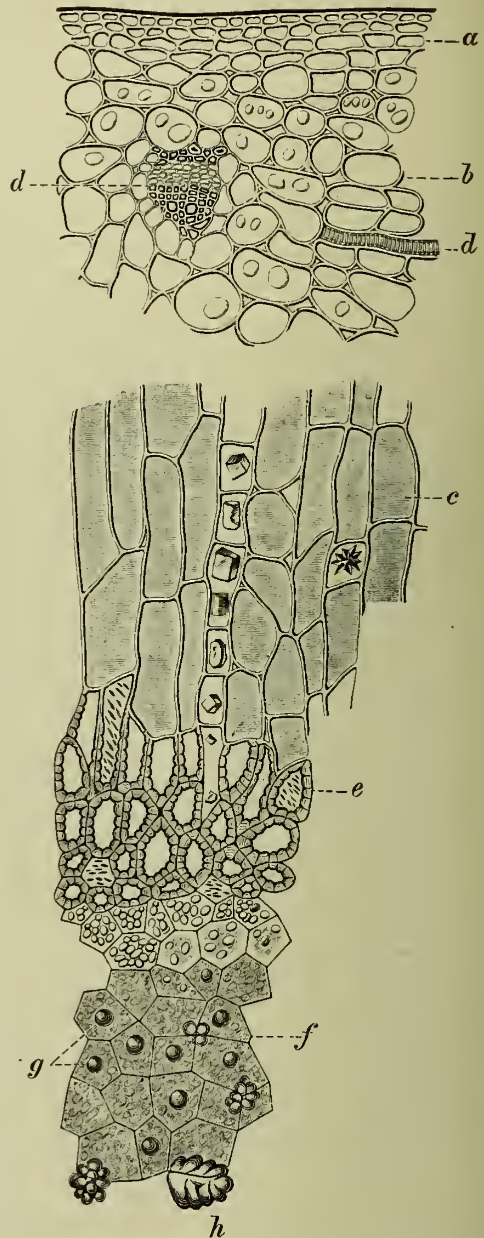
[3]) Vergl. auch HUSEMANN-HILGER, Pflanzenstoffe.

[4]) Vergl. auch LEUNIS-FRANK, Synopsis. 4. Aufl., Bd. I, Fig. 51.

[5]) Vergl. auch HUSEMANN-HILGER, Pflanzenstoffe.

Gallen, aber auch im Assimilationssystem findet sich Gerbstoff nicht eben selten. Nur dem Samenkern fehlt Gerbstoff der Regel nach gänzlich, doch ist er fast regelmässig in der Testa nachweisbar. Die Gerbstofflösung erfüllt entweder die ganze Zelle [Eichengallen (Fig. 127*c*)] oder sie findet sich in Form kleiner Bläschen in dem Zellsaft oder in den Chromatophoren.

Fig. 127.



Durchschnitte durch aleppische Gallen. *a*, *b* und *c* Gewebe der Aussengalle, *d* Gefässbündel, *e* sclerotische Innengalle, *f* Nahrungsgewebe, *g* Gerbstoffkugeln, *h* cystolithenartige Wucherungen der Membran (Hartwich).

Ausser gelöstem Gerbstoff wird auch Gerbstoff in Körnerform angegeben. Doch erscheint es zur Zeit noch fraglich, ob diese auf Eisenchlorid reagirenden Körner wirklich reiner Gerbstoff sind und nicht vielmehr nur mit Gerbstoff tingirte Körner anderer Art. Bei einigen daraufhin untersuchten Samenschalen war letzteres der Fall. Doch hat HARTWICH[1]) mit einer Plasmahaut umgebene Gerbstoffkugeln in der Nahrungschicht der *Infectoriagallen* gefunden (Fig. 127 *g*).

In den Drogen ist die Gerbstofflösung, wo sie vorhanden war, meist zu durchsichtigen, eckigen Klumpen eingetrocknet (kleinasiatische und chinesische Gallen), welche sich in Wasser auf's leichteste lösen, daher nur sichtbar zu machen sind, wenn man den Schnitt in concentrirtem Glycerin, Benzol, ätherischen oder fetten Oelen betrachtet. Diese Gerbstoffmassen erfüllen z. B. die Zellen der oben genannten Gallen vollständig[2]), so dass das ganze Gewebe eine glasige Beschaffenheit annimmt (Fig. 127 *c*).

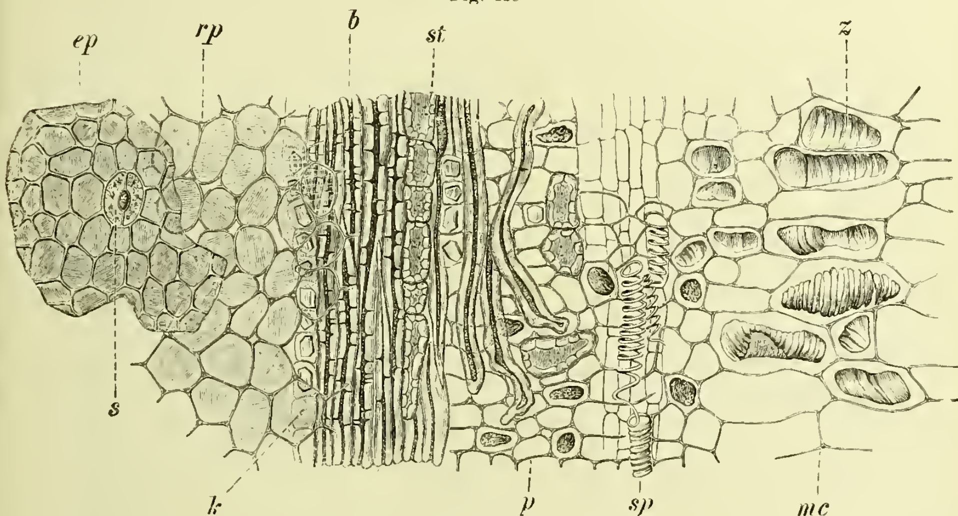
Beim Absterben der Zellen — z. B. gelegentlich des Trocknens — imbibirt sich auch die Membran mit der Gerbstofflösung so stark, dass sie alsdann ebenfalls stark auf Gerbstoff reagirt. Ist überhaupt nicht viel Gerbstoff vorhanden, so wird oft die gesammte Menge von der Membran aufgesogen. Der Inhalt reagirt dann gar nicht darauf, dabei findet meist eine sehr eigenartige Umsetzung der Gerbstoffe statt. Durch Oxydation geht der Gerbstoff nämlich in ein Phlobaphen über, und da die letzteren meist eine braunrothe

[1]) Ber. d. d. bot. Ges.

[2]) Nicht wie BERG, Atlas, Taf. 49, Fig. 136, abbildet, nur theilweise.

Farbe haben, werden die damit imbibirten Membranen braun gefärbt. So rührt die braunrothe Farbe der Membranen der Chinarinden von (aus der Chinagerbsäure entstandenem) Chinaroth, die des Tormentillrhizoms von (aus Tormentillgerbsäure entstandenem) Tormentillroth, die des Filixrhizoms von (aus Filixsäure entstandenem) Filixroth, die des Kino von (aus Kinogerbsäure entstandenem) Kinoroth, die des *Cort. Sassafras* von Sassafras-Roth, die der *Ratanhia*-Wurzel von (aus *Ratanhia*-Gerbsäure entstandenem) Ratanhia-Roth, die der Eichenrinde von (aus Eichengerbsäure entstandenem) Eichenroth, die der Zimmtrinde von Zimmtroth, die der Nelken von Nelkenroth, die des *Catechu* von Catechu-Roth, die des *Sternanis* von Illiciumroth u. s. f. her. Die Phlobaphene sind also nicht auf die Rinden beschränkt.

Fig. 128.



Fruchtwand des Johannisbrodes.
ep die Epidermis mit einer Spaltöffnung *s* und dem darunter liegenden braunen Parenchym *rp*; *b* Bastfaserbündel von Kristallkammerfasern *k* und Sclereïden *st* begleitet; in dem Parenchym *p* sclerotische Elemente und Gefässe *sp*; in dem Parenchym der Mittelschicht *mc* die charakteristischen Inhaltskörper *z*. Vergr. 160 (Möller).

Sehr eigenartige Bildungen, die gleichfalls hierher zu rechnen sind, finden sich im Fruchtfleische der *Siliqua dulcis*, wo Flückiger[1]) und in dem von *Rhamnus cathartica*, wo Morren[2]) sie auffand. Bei *Siliqua dulcis* findet man in den Zellen faltige, hohle Säcke, die Gerbstoffreaction zeigen, und bei *Rhamnus cathartica* ist ein gelblicher Inhalt von einer gleichfalls von der Membran abgelösten faltigen Hülle umgeben. Ich halte die Zellen, in denen diese sogenannten Inhaltskörper (Zellkörper, Zellsack, Corese) liegen, für Gerbstoffschläuche, und meine, dass die Inhaltskörper dadurch entstehen, dass sich die Plasmahaut von der Membran ablöst und den eingetrockneten Inhalt als faltiger Schlauch rings umhüllt. Jedenfalls zeigt der faltige Hüll-„Schlauch" (mit Chromsäure) keine Suberinreaction. Tichomirow[3]) fand im Fruchtfleische der Dattel Körper der Art, wie die in der Frucht von *Rhamnus cathartica*.

Man verwendet als allgemeines Gerbstoffreagens die Eisensalze, besonders das Eisenchlorid, in wässeriger oder alkoholischer Lösung oder

---

[1]) Pharmakognosie. I. Aufl., S. 585.
[2]) Journ. d. Pharm. et de Chim. 1866, III, S. 337.
[3]) Bot. Centralbl. 1885, 21, S. 222.

besser Eisensulfat, bezw. Eisenacetat, welche weniger intensiv färben. Die Gerbstoffmassen oder mit Gerbstoffen durchtränkten Membranen nehmen mit diesem Reagens eine blaue oder grüne, bei starkem Zusatz des Reagens blauschwarze, bezw. grünschwarze Farbe an, je nachdem der betreffende Gerbstoff zu den eisengrünenden oder eisenbläuenden gehört. Die Gerbsäure der Gallen, das Tannin[1]), der Gerbstoff der Eichenrinde, der *Fol. uvae ursi*, der *Granatwurzel*-Rinde, der grossen Fruchtfleischzellen der *Siliqua dulcis*, geben mit Eisenoxydsalzen Blaufärbung, bezw. blaue Niederschläge. Viele andere aber, z. B. die Gerbsäure der Chinarinden, der Weiden- und Ulmenrinde, der *Rad. ratanhiae peruvianae*, der *Rhiz. filicis*, *Rhiz. tormentillae*, des *Kaffee*, *Catechu*, des *Rhabarber*, geben mit Eisenoxydsalzen (besonders schön mit Eisenchlorid) grüne bis schwarzgrüne Färbungen und Niederschläge. In zwei *Ratanhia*-Sorten, derjenigen aus Para und aus Savanilla, ist die eisengrünende Gerbsäure von einer überwiegenden Menge eisenbläuender Säure begleitet. Zur richtigen Beurtheilung dieser Färbungen muss man dünne Schnitte der betreffenden Drogen mit wenig Eisenchloridlösung befeuchten und den Objectträger, auf dem diese Reaction ausgeführt wird, auf ein weisses Blatt Papier legen. Der Versuch wird gleichzeitig auch unter Anwendung von Eisenvitriollösung ausgeführt, welche die Färbungen erst allmälig, im Verhältniss ihrer Oxydation, aber oft um so reiner hervortreten lässt.[2])

Ein zweites, sehr brauchbares Reagens ist Kaliumbichromat. Mit demselben nehmen die Gerbstoffe eine rothbraune Färbung an und Gerbstofflösungen werden braunroth gefällt. Man lässt das Reagens am besten längere Zeit einwirken. Ammoniummolybdänat in Chlorammoniumlösung bildet mit Gerbstoffen einen gelben Niederschlag (Gardiner[3]). Längeres Liegen in Kupferacetatlösung erzeugt in gerbstoffhaltigen Zellen einen dunklen Niederschlag (Moll[4]), Methylenblau wird von Gerbstoffbläschen intensiv gespeichert (Pfeffer[5]).

Uebrigens werden diese Farbenreactionen nicht nur von den zahlreichen Gliedern der Gerbstoffgruppe selbst hervorgerufen, sondern auch von Abkömmlingen derselben (Ellagsäure, Gallussäure, Chinaroth), wie überhaupt den Phlobaphenen und anderen Körpern, z. B. dem Pyrocatechin, Quercitrin und Rutin. Das Pyrocatechin bildet einen untergeordneten Bestandtheil des Kino, Quercitrin ist in den *Flor. rosae gallicae* enthalten, beide sind aber im Pflanzenreich weit verbreitet und dürften sich noch in manchen Drogen finden.

Die „Inhaltskörper“ im Mesocarp der *Siliqua dulcis* werden durch Eisenchlorid und Eisensulfat, sowie durch Kali violettblau, ähnliche nur durch beigemengtes gelbes Rhamnin in grünliche Farbentöne modificirte Färbungen, geben die Inhaltskörper des Mesocarpes von *Rhamnus cathartica*.

Zwischen den Gerbstoffen oder Gerbsäuren der oben angedeuteten beiden Classen bestehen scharfe chemische Unterschiede, welche sich namentlich bei der trockenen Destillation geltend machen. Dieser Behandlung unterworfen liefern nämlich die Gerbstoffe, welche Ferrisalze blau färben, Pyrogallol (Pyrogallussäure), die eisengrünenden dagegen Pyrocatechin. Werden die Gerbstoffe mit Aetzkali geschmolzen, so geben die eisenbläuenden ebenfalls Pyrogallol, die anderen Gerbstoffe hingegen erzeugen Protocatechusäure.

---

[1]) Von *tanner*, gerben.
[2]) Flückiger-Tschirch, Grundlagen.
[3]) Bot. Centralbl. B. 20, S. 284.
[4]) Bot. Centralbl. B. 24, 250.
[5]) Ueber die Aufnahme von Anilinfarben in lebenden Zellen. Arbeiten d. bot. Inst. Tübingen. Bd. II. S. 179.

Im Einzelnen lässt die Kenntniss der verschiedenen Glieder der chemischen Familie der Gerbstoffe noch viel zu wünschen übrig. Es fehlt auch an einer allen Ansprüchen genügenden Methode zur quantitativen Bestimmung der Gerbsäuren für alle die zahlreichen Fälle, wo sie nicht in ziemlicher Reinheit schon durch Aetherweingeist oder Essigäther ausgezogen werden können, wie etwa aus den Galläpfeln. Berücksichtigt man ausserdem, dass der Gehalt an Gerbstoff den periodischen Schwankungen der Vegetationsprocesse unterliegt[1], so darf man sich nicht allzusehr darüber wundern, dass die bezüglichen analytischen Angaben weit auseinander gehen. Viele solche Bestimmungen sind vom technischen Standpunkte aus z. B. bei der Eichenrinde gemacht worden, so dass darüber eine ziemlich umfangreiche Literatur vorhanden ist.[2] Diese Rinde scheint im Maximum bis zu 20% Gerbstoff enthalten zu können, mehr als irgend ein anderer, uns hier näher angehender, Pflanzentheil[3], wenn wir von den Gallen absehen. In denselben findet nämlich geradezu eine krankhafte Anhäufung von Gerbsäure statt. Die in diesen Missbildungen bis zu 70% vorhandene Gallusgerbsäure ist merkwürdigerweise ein eigenartiges Glied der Familie der Gerbstoffe, wenigstens dürfen die Ausnahmefälle, wo man sie anderwärts auch erkannt haben will (in den *Myrobalanen* und im *Sumach)* noch beanstandet werden.

Man kann physiologischen und pathologischen Gerbstoff unterscheiden; ersterer entsteht normaler Weise im Lebensprocesse der Pflanze (so die Gerbstoffe der Rinden[4]), z. B. der *Eiche, Quebracho, Weide*). Der pathologische hingegen entsteht erst in Folge eines äusseren Eingriffes (Stich eines Insectes etc.), also im Verlaufe eines Krankheitsprocesses (Gallenbildung). Auch chemisch und physikalisch sind beide verschieden. Häute werden nur durch den physiologischen Gerbstoff gegerbt (Lederbildung).

Ueber die physiologische Bedeutung der Gerbstoffe ist wenig zu sagen, da wir dieselbe noch nicht klar erkannt haben. Oft sind sie Auswürflinge (Excrete), oft spielen sie aber auch eine, vielleicht sogar hervorragende, Rolle im Assimilationsprocesse, wie ihr Vorkommen im Assimilationsgewebe zeigt (Westermaier). Bei den Samen, wo sie die Epidermis bevorzugen, dürften sie antiseptisch wirken und das Verschimmeln oder Zerstören des Samens durch Bacterien bei der Keimung verhindern.

Alkaloide.

Ueber den Sitz der Alkaloide wissen wir wenig Bestimmtes. Wenn es auch keine Schwierigkeiten macht, das Gewebe, in dem sie vorkommen, durch eines der zahlreichen Alkaloidreagentien mit Sicherheit zu bezeichnen, so war es bisher doch erst in einigen Fällen möglich zu entscheiden, ob

[1]) Vergl. auch Kutscher, Ueber die Verwendung der Gerbsäure im Stoffwechsel der Pflanze. Flora, 1883. — Sanio, Ueber den Gerbstoff etc. bei den Holzpflanzen. Botan. Zeit. 1863. — Wigand, Sätze über die physiologische Bedeutung des Gerbstoffes etc. Bot. Zeit. 1862. Westermaier, Sitzungsber. d. Berliner Akademie. 1885 und 1887. H. Möller, Sitzungsber. d. naturw. Ver. f. Neu-Vorpommern. 1887. Rulf, Verhalten der Gerbs. bei d. Keimung. Dissertation. Halle 1884.

[2]) Es genüge hier zu nennen: Bericht über die Verhandlungen der Commission zur Feststellung einer einheitlichen Methode der Gerbstoffbestimmung, geführt am. 10. November 1883 zu Berlin. Redaction und Einleitung über die bisherigen Verfahren der quant. Bestimmung des Gerbstoffes von C. Councler. Nebst Untersuchung über die Löwenthal'sche Methode von J. v. Schroeder. gr. 8. (IV, 79 S.) Kassel, Fischer, 1885.

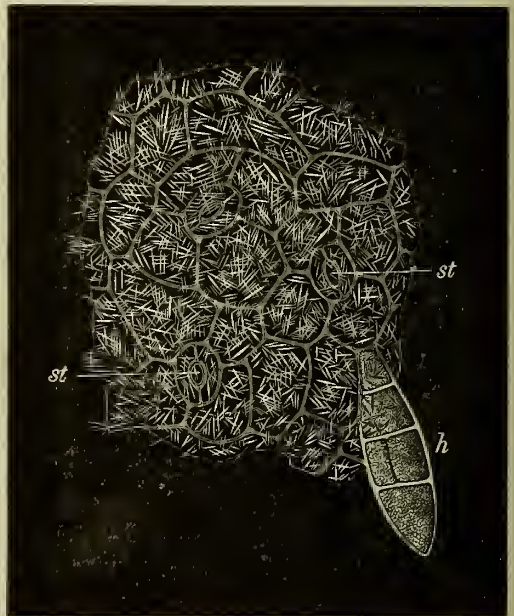
[3]) Die Rinde der australischen *Eucalyptus corymbosa* enthält angeblich 27% Gerbsäure (Jahresbericht der Chemie. 1868, 807), die *Myrobalanen* 45%; *Dividivi*, die Schoten von *Caesalpina coriaria Willd.*, 55%.

[4]) Vergl. hierzu F. v. Hoehnel, Die Gerberinden, ein monographischer Beitrag zur technischen Rohstofflehre. Berlin, Oppenheim, 1880.

die Alkaloide im Zellinhalt oder in der Zellmembran vorkommen. Es ist allerdings wohl kaum zweifelhaft, dass sie im Zellinhalt, und zwar, da sie stets stickstoffreich sind, im Plasma gebildet werden und überall dort, wo sie bei Drogen in der Membran gefunden werden, erst nachträglich, beim Absterben des betreffenden Pflanzentheiles oder schon früher in die Membran gelangen; denn wir wissen, dass sich die Membranen beim Absterben der Zelle — wenn der Plasmaschlauch für den Zellsaft permeabel wird — leicht und schnell mit den Zellsaftlösungen imbibiren. Sichergestellt ist dies für die Chinaalkaloide, von denen ich gezeigt habe [1], dass sie im Zellsaft gelöst vorkommen und der Umstand, dass sie oft selbst in den Membranen der Bastzellen der Chinarinde des Handels gefunden werden (Wigand), seine Erklärung eben in jener nachträglichen Imbibition der Membranen mit der Alkaloidlösung findet. Zweifellos im Zellinhalt finden sich aber auch alle Alkaloide der Milchsäfte. Letztere sind bekanntlich so reich daran, dass man überall dort, wo man Milchröhren in einer Pflanze findet, auch auf Alkaloide fahnden kann. Sämmtliche Alkaloide des Opiums z. B. sind im Inhalte der Milchröhren der jungen *Papaver*-Kapseln enthalten.

Studien, welche Errera, Maistrian und Chautrian [2] gemeinschaftlich über den Sitz der Alkaloide in frischen Pflanzentheilen unter Anwendung diverser Reagentien, insbesondere aber mit dem das Protoplasma gleich tödtenden und kermes- oder rothbraune, in Natriumhyposulfit lösliche Niederschläge erzeugenden Jodjodkalium anstellten und die sich auf *Colchicum autumnale*, *Nicotiana macrophylla*, *Aconitum Napellus* und *Narcissus Pseudonarcissus* bezogen, lehrten, dass die Pflanzenbasen am reichlichsten in meristematischen Geweben (Embryo, Vegetationspunkt der nächsten Jahreszwiebel bei *Colchicum*), ferner um die Gefässbündel (Endodermis), namentlich im Siebtheil und in der Nähe desselben, dann in der Oberhaut und ihren Haaren, den äusseren Rindenschichten und den Frucht- und Samenhüllen, endlich bei den Pflanzen mit besonderen Excretbehältern (Raphidenzellen von *Narcissus*) in diesen vorkommen. In den meisten Fällen fanden sich die Alkaloide im Innern der Zellen, im wässerigen Zellsaft oder bei einzelnen Gewächsen, auch in Oel oder Schleim gelöst. Ob sie in den Samen (*Strychnos*, *Colchicum*) die Membran auch im lebenden Gewebe imprägniren, blieb unentschieden. Ich finde sie bei den Brechnüssen auch in der Membran; allein dies

Fig. 129.

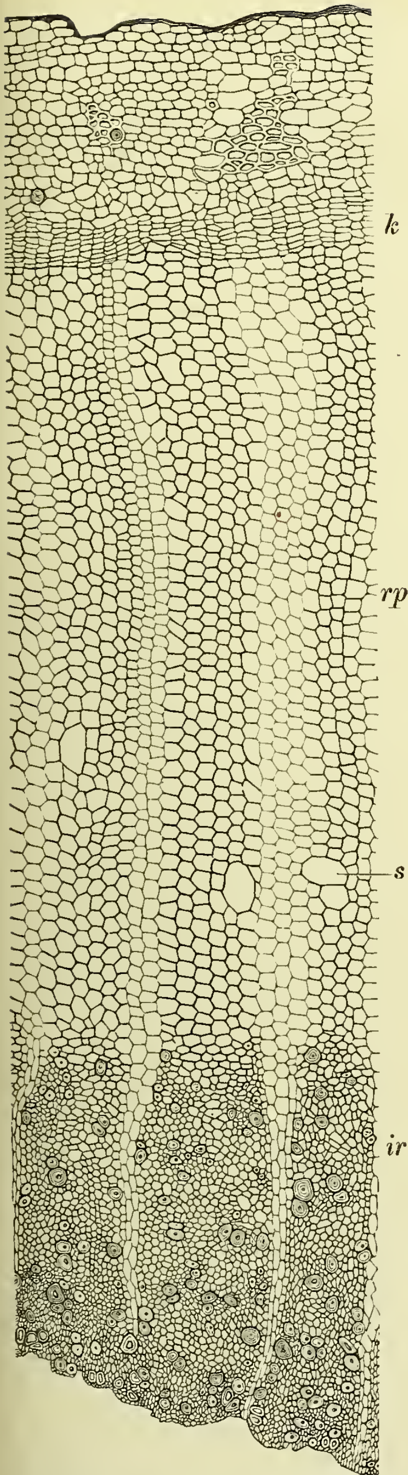


Epidermis der Unterseite des *Duboisia*-Blattes mit Kali erwärmt; *st* Spaltöffnungen, *h* ein Haar. Reichliche Duboisin- (Hyoscyamin-) Ausscheidungen. Vergr. 250 (J. Möller).

[1]) Tschirch, Tageblatt der Wiesbadener Naturforscherversammlung. 1887. Ich habe auch festgestellt, dass die Chinaalkaloide vornehmlich im Phloëmparenchym vorkommen (was übrigens nur die Angaben Flückiger's, N. J. C. Müller's und Carles' bestätigte, respective präcisirte) und dass auch das Wund-Rindenparenchym (Fig. 130) besonders alkaloidreich ist.

[2]) Bull. de l'Acad. de Méd. de Belgique. 1887, Nr. 5, 7.

Fig. 130.



Querschnitt durch eine *Calisaya Renewed bark*. *rp* Wund-Rindenparenchym, *ir* secundäre erneuerte Rinde; besonders *rp* ist sehr alkaloïdreich (Tschirch).

beweist zur Entscheidung der Frage über ihr Vorkommen in diesem Falle nichts, denn die Membranen des *Strychnos*endosperms werden von zahlreichen Plasmafäden durchzogen, die, wie TANGL gezeigt hat, eine offene Communication zwischen den Zellen herstellen. Ebenso gut wie in der Membran können die Alkaloide auch in diesen Plasmafäden vorkommen und in der That scheint letzteres der Fall zu sein. Physiologisch betrachtet erscheinen die Alkaloide als Abfälle der Protoplasmathätigkeit (Excrete), wofür, abgesehen davon, dass sie nicht als Pflanzennahrung dienen können und selbst für die producirenden Pflanzen toxisch sind, der Umstand spricht, dass sie einerseits in den Excretbehältern, andererseits innerhalb der Zellen im Zellsaft sich finden, wo die Haut der centralen Vacuole ihre Diffusion hindert und sie vom lebenden Protoplasma fernhält. Es findet somit Bildung der Alkaloide in den Meristemen und von dort Transport gegen die Peripherie, theils behufs leichterer Oxydation, theils zum Schutze der Pflanze gegen Devastation durch niedere Thiere statt.

A. DE WEVRAS[1]) hat dasselbe Reagens (S. 130) für die Bestimmung der Localisation des Atropins in den Geweben von *Atropa Belladonna* benützt und dasselbe vorwiegend in der Oberhaut, dem darunter liegenden Parenchym und im Phloëmparenchym angetroffen. Alte Wurzeln enthalten mehr Atropin als junge, und je älter die Pflanze wird, um so mehr localisirt sich das Alkaloid in der Rinde. In Bast-, Holz- und Cambiumzellen konnte dasselbe nicht nachgewiesen werden. Längsschnitte gaben bessere Resultate als Querschnitte.

Sicher im Zellinhalte gelöst findet sich auch das Coniin in den *Conium*-Früchten. Die *Solanaceen*-Alkaloide (z. B. Atropin, Nicotin, Daturin), das Veratrin (in den *Sabadill*-Samen), das Picrotoxin *(Fruct. cocculi)*, Aconitin *(Tub. aconiti)*, Pilocarpin *(Fol. jaborandi)*, Cocaïn *(Fol. coca)*, Emetin *(Rad. Ipecac.)*, Aspidospermin *(Cort. Quebracho)* und

---

[1]) Journal de Pharmac. et de Chim. 1. March, S. 262.

andere dürften gleichfalls im Zellsafte gelöst oder an das Plasma gebunden sein. Veratrin hat Borskow[1]) im Inhalte nachgewiesen. Das Gleiche gilt von den Xanthinen: Coffein (Cacao, Kaffee, Maté, Guarana, Kola, Thee) und dem Theobromin.

Lindt[2]), der zum mikrochemischen Nachweis des Brucins eine mit ($^1/_5$) Salpetersäure versetzte Selensäure verwendet — die Färbung ist gelb-orange —, fand dasselbe in den Membranen. Auch das Strychnin, zu dessen Nachweis er eine Lösung von schwefelsaurem Ceroxyd in Schwefelsäure benutzt — die Färbung ist violettblau, wenn Fett, Zucker und Brucin entfernt sind —, ist nach Lindt in den Membranen des Endosperms und Embryos vorhanden. Meine diesbezüglichen Beobachtungen sind oben (S. 130) mitgetheilt. Nach Rosoll[3]) ist Strychnin in dem Oel des Zellinhaltes gelöst.

Das Glycosidalkaloid Solanin kann man mittelst Salpeter-Schwefelsäure nachweisen.[4]) Es wird rosenroth.

Niemals fand ich die Alkaloide in der lebenden Pflanze geformt, weder in der Form von Körnern, noch der von Kristallen. Letzteres hat wohl seinen Grund darin, dass die Alkaloide aus unreinen Lösungen sehr schwer kristallisiren. In Drogen sind auskristallisirte Alkaloide ebenfalls nur sehr selten zu finden. In den *Ignatiusbohnen* des Handels findet man wohl einmal Strychninkristalle. die Kristalle der Chinabasen aber, die Howard in der *Cinchona Ledgeriana* sah, halte ich für Calciumoxalat. Die körnigen Ausscheidungen im Phloëmparenchym der Chinarinden zeigen bei Betrachtung im polarisirten Lichte niemals die für Kristalltrümmer charakteristischen Erscheinungen, sind also wohl nur eingetrocknetes, mit Alkaloiden getränktes Plasma.

Bisweilen gelingt es, die Alkaloide in kristallinischer Form durch einige Reactionen sichtbar zu machen. So ist z. B. nichts leichter, als sich von dem Vorhandensein der Chinabasen in den Chinarinden zu überzeugen. Man hat nur nöthig, die nicht zu dünnen Rindenquerschnitte eine kurze Zeit in verdünntem Kali zu erwärmen und schnell mit Wasser auszuwaschen (Howard's Reaction), um alle die Gewebe, in denen Chinabasen vorkommen, dicht besät mit zahlreichen, oft sehr langen, nadelförmigen Kristallen und Kristallbüscheln (seltener Kristallwärzchen) zu finden, die die durch Kali aus ihren Salzen freigemachten Alkaloide darstellen. Auch die von Möller beim Kochen mit Kali auf der Epidermis der *Duboisia*-Blätter erhaltenen Kristallnadeln (Fig. 129) dürften nichts anderes als Duboisin sein.

In der Pflanze sind die Alkaloide wahrscheinlich stets als Salze vorhanden, entweder an organische oder anorganische Säuren gebunden. So die Chinabasen als Tannate, die Opiumalkaloide als Meconate und Sulfate, Nicotin als Malat und Citrat.

Ueber die Bedeutung der Alkaloide im Stoffwechsel der Pflanzen wissen wir so gut wie nichts. Am meisten Wahrscheinlichkeit hat die auch schon oben vertretene Ansicht für sich, dass sie Excrete sind, die nur eine biologische Bedeutung z. B. als Schutzmittel gegen Thiere, keine ernährungsphysiologische für die Pflanze mehr besitzen. Jedenfalls bevorzugen sie die peripherischen Gewebe, besonders die Epidermis. Ihre Menge schwankt während des Vegetationsprocesses oft nicht unerheblich, was de Vries z. B. für das Solanin nachgewiesen hat.[5]) Ob es dabei bis zum vollständigen

---

[1]) Beiträge zur Histochemie. Bot. Zeitung, 1874.

[2]) Ueber den mikrochem. Nachweis von Brucin und Strychnin. Zeitschr. f. wissensch. Mikroskopie. I, S. 237.

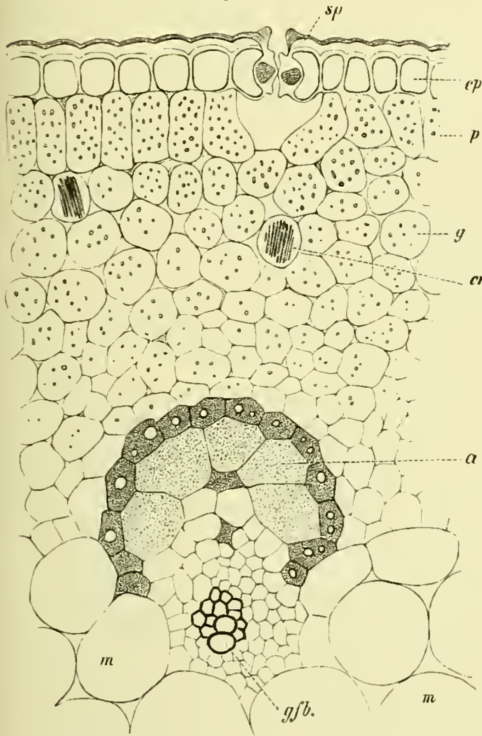
[3]) Beiträge zur Histochemie d. Pflanze. Wien. Akad. 89, I. Rosoll benützt als Reagens Schwefelsäure und Kaliumbichromat.

[4]) Scharschmidt, Zeitschr. f. wissensch. Mikroskopie. I, S. 61.

[5]) Landwirthschaftl. Jahrb. 1878, S. 243.

Fehlen kommen kann, erscheint trotz der Angabe, dass in Schottland der Schierling kein Coniin enthalte[1], noch fraglich.[2] Soviel steht jedoch fest, dass Klima und Standort einen oft gewaltigen Einfluss auf die Menge und die Art des gebildeten Alkaloids ausüben. Bei den Chinaalkaloiden, wo diese Verhältnisse am eingehendsten studirt sind, weiss man jetzt[3], dass der Chiningehalt der Rinden ein und derselben Art abändert nach dem Substrate (Bodenbeschaffenheit, Düngung), der Beschattung, der Seehöhe, dem Klima, der Regenmenge, der Luftströmung, dem Alter der Bäume, nach den Theilen des Baumes, nach dem Grade der Hybridation (KUNTZE), oder der Art der Pfropfung (VAN GORKOM) und dem Grade der eventuellen, sogenannten „Erneuerung" der Rinde.

Fig. 131.



Querschnitt durch die Randpartie eines Blattes von *Aloë socotrina*, *ep* Epidermis (*c* Cuticula mit darunterliegender Cuticularschicht), *sp* Spaltöffnung, *a* Athemhöhle, *p* Palissaden, *cr* Kristallzellen (mit Raphiden), *a* aloëführende Zellen, *gfb* Gefässbündel, *m* schleimhaltiges Mark (Tschirch).

Da die Chinabasen besonders im Phloëmparenchym vorkommen, und dieses bei der Erneuerung der Rinde in den neu gebildeten Partien bei weitem überwiegt[4] (Fig. 130), so ist es erklärlich, dass diese sogenannten *Renewed barks* reicher an Alkaloid sind, als die ursprüngliche Rinde.

Dass auch bei anderen alkaloidführenden Pflanzen die Cultur von Einfluss ist, erscheint zweifellos. Für *Belladonna* hat GERRARD[5]) nachgewiesen, dass die wildwachsende Pflanze etwas mehr Atropin in Blatt und Wurzel enthält als die cultivirte.

Ueber die Beziehungen der Alkaloide zu den anderen Zellinhaltsbestandtheilen (vergl. S. 91) fehlt es noch an eingehenderen Untersuchungen.

Andere organische Zellinhaltsbestandtheile (Bitterstoffe, Glycoside, Farbstoffe, äther. Oele, Harze, Kautschuk).[6]

Der im Zellsaft gelösten **Farbstoffe** ist schon oben gedacht worden (vergl. Chromatophoren). Ich habe sie dort im Anschluss an die an Plastiden gebundenen behandelt (S. 62).

---

[1]) ROCHLEDER, Phytochemie. 1854, S. 344.
[2]) PFEFFER, Pflanzenphysiologie, S. 308.
[3]) Vergl. meine Monographie der Chinarinden in Real-Encyclopädie der ges. Pharm. III, S. 22.
[4]) Vergl. meine diesbezüglichen Angaben im Tageblatt der Wiesbadener Naturforschervers. 1887 und *Cort. chinae* im Band II.
[5]) Year Book of Pharm. 1884, S. 447; vergl. auch Just. Jahresber. 1884, S. 129.
[6]) Vergl. HUSEMANN-HILGER, Pflanzenstoffe.

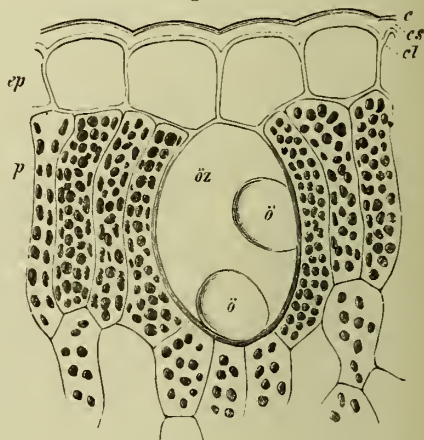
Auch die Membranfarbstoffe entstehen, wenn auch nicht ausnahmslos, so doch wohl zum Theil im Zellinhalt[1]) und werden erst beim Absterben der Zelle, z. B. gelegentlich der Kernholzbildung, von der Membran aufgesogen, die, falls sie verholzt ist, sehr begierig Farbstoffe speichert.

Auch die farblosen Chromogene des Indigo und Lakmus sind im Zellsaft gelöst.

Im Zellinhalte gelöst ist auch die **Aloë**. Sie ist in grossen, vor den Gefässbündeln der Blätter liegenden, stark gestreckten Zellen mit verkorkter Membran enthalten (Fig. 131).

Aetherische Oele und Harze allein oder mit Gummi gemengt treten nicht stets[2]), aber oftmals als Zellinhalt auf, in sogenannten Harz- oder Oelzellen. (Siehe auch Excretbehälter.) Die Membranen dieser Zellen sind sehr häufig ganz oder zum Theil verkorkt. Verkorkte Oelzellen finden sich z. B. in *Rhiz. calami, Rhiz. zingirbeis*, im Pfeffer, *Cort. cascarillae, Fol. lauri, Cort. sassafras, Cort. angosturae, Cort. canellae, Cort. cinnamomi, Rhiz. asari, Fruct. cardamomi, Fol. matico*, in allen Theilen des Campherbaumes, *Macis* (Fig. 96, vergl. auch Fig. 132). Das Kernharz des Guajacholzes wird in die Gefässe wie Wundgummi secernirt.

Fig. 132.



Querschnitt durch eine Oelzelle mit umgebendem Gewebe des Blattes von *Sassafras officin.* *ep* Epidermis, *öz* verkorkte Oelzelle mit *(ö)* Oeltropfen. *p* Palissadengewebe (Tschirch).

Meist führen diese Oelzellen nur Oel, beziehungsweise Harz oder Gummiharz *(Jalape)* allein oder mit Farbstoffen gemengt *(Rhiz. curcumae, Macis)*. Selten ist das Oel nicht in besonderen Zellen enthalten, sondern im Inhalte aller oder der meisten Parenchymzellen fein vertheilt, so bei *Flor. rosae, Rhiz. iridis, Crocus, Flor tiliae, Fol. gaultheriae, Flor. sambuci;* wie überhaupt die den Duft der Blüthen bedingenden ätherischen Oelen der Blumen in dieser Form sich zu finden pflegen.

Einige Secrete (*Campher, Bals. copaivae, Araroba, Benzoe*) treten zunächst im Zellinhalte auf und die lysigenen Kanäle entstehen nachträglich durch Resorption der Membranen (siehe hinten Excretbehälter).

Nachfolgende Tabelle gibt neben den wichtigsten Drogen und Pflanzen mit ätherischem Oel den Gehalt derselben daran an, nach Ermittelungen im Grossbetriebe von Schimmel & Comp. in Leipzig.

Bei den mit einem * bezeichneten Pflanzen ist das Oel in schizogenen, bei den mit ** bezeichneten in lysigenen Excretbehältern (siehe hinten System der Excretbehälter), bei den mit °° bezeichneten in Oelzellen, bei den mit † bezeichneten in epidermalen Oeldrüsen enthalten, bei den mit ° bezeichneten im Zellinhalt gleichmässig vertheilt.

---

[1]) Vergl. Tschirch im Tageblatt der Naturforschervers. in Wiesbaden, 1887.

[2]) Oft finden sie sich auch in lysigenen und schizogenen Oel-, beziehungsweise Harz- oder Gummiharzbehältern. Vergl. hinten System der Excretbehälter.

Droge	Name der Pflanze	Mittl. Ausbeute in %
**Ajovan*-Samen	*Carum Ajovan*	3·000
**Alant*-Rhizom	*Inula Helenium*	0·600
**Angelica*-Wurzel, thür.	*Archangelica officinalis*	0·750
„ „ sächs.	„ „	1·000
**Anis*-Frucht, russische	*Pimpinella Anisum*	2·800
„ „ mährische	„ „	2·600
„ „ levantische	„ „	1·300
†*Arnica*-Blüthen	*Arnica montana*	0·040
**Arnica*-Wurzel	„ „	1·100
**Asa foetida*	*Ferula Scorodosma*	3·250
°Bärentraube	*Arctostaphylos Uva ursi*	0·010
°°Baldrian-Wurzel, deutsche	*Valeriana officinalis*	0·950
„ „ holländische	„ „	1·000
Betel-Blätter	*Piper Betle*	0·550
***Bucco*-Blätter	*Barosma crenulata* etc.	2·600
°°*Calmus*-Rhizom	*Acorus Calamus*	2·800
°°*Cardamomen*, Ceylon	*Elettaria Cardamomum*	4·000 – 6·000
„ Madras	„ „	5·000
„ Malabar	„ „	4·250
°°*Cascarill*-Rinde	*Croton Eluteria*	1·750
Cassia-Blüthen	*Cinnamomum Cassiae*	1·350
°°*Cassia lignea*	„ „	1·500
†*Chamillen*, deutsche	*Matricaria Chamomilla*	0·285
„ römische	*Anthemis nobilis*	0·700 – 1·000
***Copaiva*-Balsam, Para	*Copaifera officinalis*	45·000
„ „ ostind. (Gurjun)	*Dipterocarpus turbinatus*	65·000
**Coriander*-Samen, thüringer	*Coriandrum sativum*	0·800
„ „ russischer	„ „	0·900
„ „ holländischer	„ „	0·600
°°*Cubeben*	*Piper Cubeba*	12·000 – 16·000
**Cumin*-Samen, Mogadore	*Cuminum Cyminum*	3·000
°°*Curcuma*-Rhizom	*Curcuma longa*	5·200
**Dill*-Frucht, deutsche	*Anethum graveolens*	3·800
„ „ russische	„ „	4·000
Elemi-Harz	*Icica Abilo*	17·000
**Eucalyptus*-Blätter, getrocknet	*Eucalyptus Globulus*	3·000
†Feldthymian	*Thymus Serpyllum*	0·200
*Fenchel-Frucht, sächsische	*Foeniculum capillaceum*	5·000 – 5·600
„ „ galizische	„ „	6·000
°Flieder-Blumen	*Sambucus nigra*	0·025
**Galbanum*-Harz	*Ferula galbaniflua*	6·500
°°*Galgant*-Rhizom	*Alpinia officinarum*	0·750
†Hopfen-Inflorescenz	*Humulus Lupulus*	0·700
†Hopfenmehl, *Lupulin*	„ „	2·250
°°Ingber-Rhizom, afrikanisches	*Zingiber officinale*	2·600
„ „ bengalisches	„ „	2·000
„ „ japanisches	„ „	1·800
„ „ Cochinchina	„ „	1·900
°*Iris*-Rhizom	*Iris germanica, Florentina*	0·100
†Krauseminz-Kraut	*Mentha crispa*	1·000
*Kümmel-Frucht cult., deutsche	*Carum Carvi*	4·000
„ „ „ ostpreuss.	„ „	5·000
„ „ wilde deutsche	„	6·000 – 7·000
†Lavendel-Blüthen, deutsche	*Lavandula vera*	2·900
*Liebstock-Wurzel	*Levisticum officinale*	0·600
°°Lorbeeren	*Laurus nobilis*	1·000
°°Lorbeer-Blätter	„ „	2·400
°°*Macis*	*Myristica fragrans*	11·000 – 16·000
†*Majoran*-Kraut, frisch	*Origanum Majorana*	0·350
°°Matiko-Blätter	*Piper angustifolium*	2·400
*Meister-Wurzel	*Imperatoria Ostruthium*	0·800
†Melissen-Kraut	*Melissa officinalis*	0·100
°°Muscat-Nüsse	*Myristica fragrans*	8·000 – 10·000
**Myrrha*	*Balsamea Myrrha*	2·500 – 6·500

Droge	Name der Pflanze	Mittl. Ausbeute in %
*Nelken, *Amboina*	*Caryophyllus aromaticus* . . .	19·000
„ *Bourbon*	„ „ . . .	18·000
„ *Zanzibar*	„ „ . .	17·000
*Nelken-Stiele	„ „ . .	6·000
* *Olibanum*-Harz	*Boswellia Carteri*	6·300
* *Opoponax*-Harz	*Pastinaca Opoponax*	6·500
† *Patchouli*-Kraut	*Pogostemon Patchouli*	1·500—4·000
Peru-Balsam	*Myroxylon Pereirae*	0·400
°° Pfeffer, schwarzer	*Piper nigrum*	2·200
† Pfefferminze, frische	*Mentha piperata*	0·300
„ trockene	„ „	1·060—1·250
*Piment	*Myrtus Pimenta*	3·500
* *Pimpinell*-Wurzel	*Pimpinella Saxifraga*	0·025
Rainfarrn-Kraut	*Tanacetum vulgare*	0·150
° Rosen-Blüthen, frische	*Rosa centifolia*	0·050
*Sadebaum-Kraut	*Juniperus Sabina*	3·750
† Salbei-Kraut, deutsches . . .	*Salvia officinalis*	1·400
„ „ italienisches . .	„ „	1·700
Sandelholz, ostindisches . . .	*Santalum album*	4·500
°° *Sassafras*-Holz	*Sassafras officinalis*	2·600
°° *Sternanis*, chinesischer . . .	*Illicium anisatum*	5·000
„ japan.	*Illicium religiosum*	1·000
Storax	*Liquidambar orientalis*	1·000
°° Vetiver-Wurzel	*Andropogon muricatus*	0·200—0·350
*Wachholder-Beerenzapfen, deutsche	*Juniperus communis*	0·500—0·700
Wachholder-Beerenzapfen, ungarische	„ „	1·000—1·100
*Wasserfenchel-Frucht	*Phellandrium aquaticum* . . .	1·300
† Wermuth-Kraut	*Artemisia Absynthium*	0·300—0·400
°° Zimmt, Ceylon	*Cinnamomum zeylanicum* . . .	0·900—1·250
„ weisser	*Canella alba*	1·000
† Zittwer-Blüthenkörbe	*Artemisia maritima*	2·000
°° Zittwer-Wurzel	*Curcuma Zedoaria*	1·300

Gummiharze sind Gemenge von Gummi und Harz, denen in geringerer Menge auch andere Substanzen noch beigemengt zu sein pflegen. Sie sind ausnahmslos in der Pflanze in der Form von Milchsäften vorhanden und entweder in echten Milchröhren *(Euphorbien, Lactuca)* oder in schizogenen Milchsaftgängen *(Asa foetida, Galbanum, Ammoniacum, Opoponax, Sagapen, Gutti)* enthalten. Ihre Farbe ist im Moment des Austretens entweder weiss (der gewöhnliche Fall) oder gelb *(Gutti)*. Die mannigfachen Farben, die die Gummiharze des Handels zeigen, sind daher (mit Ausnahme des *Gutti*) erst nachträglich beim Eintrocknen an der Luft entstanden.

Die Pflanzen, welche Gummiharze liefern, sind so milchsaftreich, dass sie bei der geringsten Verwundung eine reichliche Menge Milchsaft austreten lassen, was zugleich auch durch die meist sehr erhebliche Länge der Milchschläuche bedingt wird. Für gewöhnlich macht man, um die Gummiharze zu gewinnen, Einschnitte in die Rinde der betreffenden Pflanze, in der die Milchschläuche liegen.

Seltener tritt der Milchsaft in Folge ausserordentlich starken hydrostatischen Druckes innerhalb der Milchcanäle, das umgebende Gewebe durchbrechend, freiwillig hervor *(Galbanum)*.

Die Bestandtheile der Gummiharze: Harz, Gummi, bisweilen auch ätherisches Oel, sind in den Milchsäften durch Wasser emulgirt. Verdunstet das Wasser, so erhält man eine Masse, die zerrieben und mit Wasser von Neuem angerieben, ohne weiteres nicht wieder eine Emulsion gibt (nur *Gutti*

gibt eine solche). Das Eintrocknen verändert also die chemische Beschaffenheit nicht unerheblich, ganz abgesehen davon, dass ein Theil des ätherischen Oeles verdunstet. Zum Theil mag dies aber auch darauf zurückzuführen sein, dass in den natürlichen Milchsäften eine ausserordentlich feine Vertheilung der Bestandtheile vorliegt, die künstlich durch Zerreiben nicht zu erzielen ist.

Ausser den drei oben genannten Bestandtheilen, von denen das ätherische Oel den eigenartigen Geruch der Droge zu bedingen pflegt *(Asa foetida)*, sind Salze der Aepfelsäure häufig in den Gummiharzen enthalten, auch Kautschuk findet sich da und dort, in einigen ist auch Stärke nachweisbar *(Euphorbium)*.

Je nach dem grösseren oder geringeren Gehalt an Gummi sind die Gummiharze mehr oder weniger in Wasser löslich, wie umgekehrt der Harzgehalt die grössere oder geringere Löslichkeit in Alkohol bedingt. Vollständig ist keines in einem dieser Lösungsmittel löslich. Am meisten nehmen verdünnter Alkohol, verdünnte Säuren und Kali auf. Der ungefähre, übrigens oft sehr wechselnde Procentgehalt der wichtigsten Gummiharze des Handels an Gummi, Harz und ätherischem Oel ist folgender:

	Gummi	Harz	Aether. Oel
	Procent		
Asa foetida	bis 50 (meist viel weniger)	50—70	6—9
Ammoniacum	ca. 10—20 (oder weniger)	bis 70	0·4
Galbanum	17—20	60—70 (od. weniger)	bis 8
Myrrha	40—60	20—27	4·5
Olibanum	ca. 30	ca. 70	7
Euphorbium	18	38	—
Gutti	15	bis 75	—

Der Harzgehalt übertrifft also den an Gummi meist erheblich, nur die *Myrrha* verhält sich umgekehrt. Dieselbe gibt daher ein reichliches wässeriges Extract. Ueber die frischen, in der Pflanze enthaltenen, stets flüssigen Gummiharzsäfte wissen wir so gut wie nichts.

Kautschuk ist ein Bestandtheil fast aller Milchsäfte, doch kommt derselbe in den letzteren in ausserordentlich verschiedener Menge vor. Im Milchsafte der *Umbelliferen*-Wurzeln *(Asa foetida, Galbanum, Ammoniacum)* ist Kautschuk nicht nachgewiesen, auch in dem der *Papaver*-Kapseln *(Opium)* und der Caulome von *Euphorbia resinifera* ist seine Menge nicht erheblich, dagegen prävalirt er in den Milchsäften der eigentlichen Kautschukpflanzen (Arten von *Hevea, Dichopsis, Payena* u. a.) derart, dass er die Hauptmasse der festen Bestandtheile des Milchsaftes dieser Pflanzen bildet.[1]) Geringer ist der Kautschukgehalt in unseren einheimischen Pflanzen, z. B. den *Lactuca*-Arten, doch ist z. B. in dem Extract von *Sonchus oleraceus* 10% davon enthalten, so dass Kassner[2]) diese Pflanze zur Kautschukgewinnung empfiehlt.

Ausserordentlich verbreitet sind die **Glycoside**, die meist auch zur Classe der **Bitterstoffe** gehören; doch sind auch nicht bittere Glycoside nicht selten, wie andererseits natürlich nicht alle Bitterstoffe Glycoside sind, wie z. B. das Absinthiin in *Artemisia Absinthium*, das Quassiin im

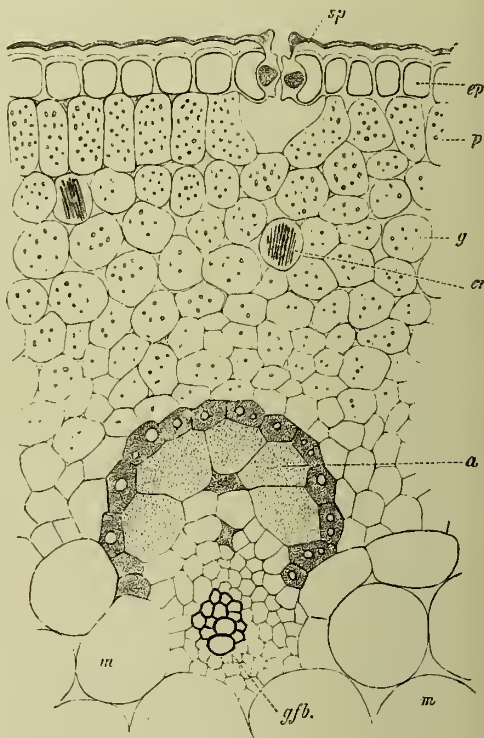
[1]) Der Milchsaft der *Hevea guyanensis* enthält in 1000 Theilen 317 Kautschuk und 563 Wasser (Faraday). Ueber Kautschuk vergl. auch den betr. Artikel in der Real-Encyclopädie d. ges. Pharm. Bd. V und Wiesner, Rohstoffe.

[2]) Archiv d. Pharm 1885.

Quassia-Holz, das Cascarillin in der *Cascarill*-Rinde, das Cetrarin in *Cetraria islandica*, das Aloin in der *Aloë*, das Columbin in *Rad. columbo*.

Sie sind stets im Zellinhalte gelöst (Fig. 133). Zu den Glycosiden gehören: das bittere Achilleïn in *Achillea millefolium* und *moschata*, das Chinovin in *Cort. chinae*, das bittere Gentiopikrin in der *Enzian*-Wurzel, das bittere Menyanthin in *Menyanthes trifoliata*, das Coniferin im Cambium der *Coniferen*-Stämme, die Ipecacuanhasäure in *Rad. ipecacuanh.*, das Frangulin in *Cort. frangulae*, das Glycyrrhizin in *Rad. liquiritiae*, das Apiin in *Fruct. petroselini*, das Ononin in *Rad. ononidis*, das Arbutin in *Fol. uvae ursi*, das stickstoffhaltige Glycosid Dulcamarin in *Stipit. Dulcamarae*. Auch das Hesperidin (S. 119) ist ein Glycosid, sowie das in dem Zellsaft der *Weiden*- und *Pappeln*-Rinde (besonders den Rindenstrahlen) vorkommende Salicin, dessen mikrochemischer Nachweis mir mittelst concentrirter Schwefelsäure gelang [1]: Es tritt intensive Rothfärbung ein. Salicin findet sich auch im *Castoreum*. Möglicherweise sind auch die Gerbstoffe Glycoside.

Fig. 133.



Querschnitt durch den Randtheil des Blattes von *Aloë socotrina Lam.* *ep* die Oberhaut mit der Spaltöffnung; *sp*, *p* und *g* Parenchym mit Chlorophyll und Raphiden *cr*; *a* Aloëzellen; *gfb* Gefässbündel; *m* Mark (Tschirch).

Die Glycoside sind dadurch ausgezeichnet, dass sie unter dem Einflusse von verdünnten Säuren in Zucker und eine, bezw. mehrere andere organische Substanzen zerfallen.

Eine besondere Gruppe der Glycoside bilden die Saponine, die, nach neueren Untersuchungen zu schliessen, viel verbreiteter sind als man ursprünglich glaubte annehmen zu dürfen. Saponin findet sich in *Cort. Quillajae*, *Rad. saponariae* und and. in den Parenchymzellen, Markstrahlen und dem Holzparenchym, im Zellsaft gelöst. [2] Auch das Parillin in der *Rad. sarsaparillae* und das Senegin der *Senega*-Wurzel gehört zu den Saponinen.

Auch die **Fermente** [3], sowohl die diastatischen (Diastase) als auch die übrigen sind im Zellinhalte enthalten, aber wahrscheinlich an das Plasma gebunden: so das Myrosin (im Senf), das Emulsin (in den bitteren Mandeln), die Diastase (in den Getreidefrüchten). Die Fermente spielen bei der Keimung der Samen sicher eine grosse Rolle. Vielleicht führt auch die sogenannte „Kleberschicht" Fermente. Beim Weizen ist dies sicher der Fall.

---

[1]) Pringsheim's Jahrb. 1885.

[2]) Rosoll (Beiträge zur Histochemie der Pflanze. Wien. Akad. 89, I, S. 137) verwendet als mikrochemisches Saponinreagens Schwefelsäure: es tritt anfangs gelbe, dann rothe und violette Farbe ein.

[3]) Ueber die Fermente und Encyme vergl. Hansen, Arbeit. d. bot. Inst. Würzb. 1885.

Eine besondere Abtheilung der organischen Zellinhaltsbestandtheile bilden die wahrscheinlich stets ungeformten und im Plasma der Zelle vertheilten, unter dem Einflusse von Wasser und einem der soeben genannten Fermente zerfallenden Körper. Besonders charakteristisch sind zwei Gruppen dieser Substanzen, die Bittermandelöl- und Blausäure und die Senföle liefernden. Zu der ersten Gruppe gehört das Amygdalin, das zu 3—4% in den Cotyledonen der bitteren Mandeln und anderen *Pruneen-* und *Pomeen-*Samen enthalten ist. Dasselbe liefert unter dem Einflusse von Wasser und Emulsin: Bittermandelöl, Zucker und Blausäure. Andere Körper, die die gleiche Zersetzung erleiden, wie z. B. die in den Kirschlorbeerblättern und den *Cydonia-*Samen enthaltenen, kennt man nicht genau. Zu der zweiten Gruppe gehört das in dem Embryo der schwarzen Senfsamen enthaltene Sinigrin (Myronsaures Kali) $C_{10}H_8KNS_2O_{10}$, welches unter dem Einflusse von Wasser und Myrosin in Traubenzucker ($C_6H_{12}O_6$), Monokaliumsulfat (SO_4HK) und Allylsenföl: Allylisosulfocyanat ($SCNC_3H_5$), zerfällt, sowie das im Embryo der weissen Senfsamen enthaltene Sinablin, das bei gleicher Behandlung Zucker, saures Sinapinsulfat und Acrinylsenföl: Acrinylsulfocyanat liefert, sowie der nicht näher bekannte, im *Cochlearia-*Kraut enthaltene Körper, welcher Butylisosulfocyanat ($SCNC_4H_9$) abspaltet.

Ferner kommen im Zellinhalte einiger Pflanzen folgende, zu keiner der genannten Gruppen gehörige Körper vor, wie Piperin (zu 8% im Samen von *Piper nigrum*), Vanillin (zu 2% in der *Vanille* und auch in der *Benzoe*), Cubebin (zu 2½% in den *Cubeben*), Chrysophan und Emodin (im *Rhabarber*), Cumarin (in den *Tonko-*Bohnen, dem Kraute von *Asperula odorata*, *Herb meliloti*, *Anthoxanthum odoratum*[1]), Picrotoxin und Cocculin (in den *Coccels-*Körnern), Imperatorin (in *Rhiz. imperatoriae*), Lactucon (im Milchsaft von *Lactuca virosa*), Euphorbon (im Milchsaft von *Euphorbia resinifera*), Santonin (zu 2% in den *Flor. cinae*), Aesculin (in *Rad. gelsemii* und der Rosskastanienrinde).

Die Pflanzensäuren.

Die organischen Säuren, sowohl die der aromatischen als die der alyphatischen Reihe, sind häufig im Zellinhalte, doch sind dieselben ihrer Hauptmenge nach an Basen gebunden, so die Oxalsäure an Calk (s. oben S. 101), oder Kali (*Curcumarhizom*), die Fettsäuren an Glycerin — die Fette (s. oben S. 69) bildend — die Aepfelsäure und Citronensäure an Calk oder Alkaloide (*Nicotiana*), die Arabinsäure an Calk, Kali und Magnesia im *Gummi arabicum*, die Meconsäure an die Alkaloide des *Opiums*.

Für gewöhnlich sind diese Salze organischer Säuren im Zellsafte gelöst, selten auskristallisirt (Calkoxalat). Freie Säuren sind ebenfalls sehr häufig. Der Zellsaft aller von mir daraufhin untersuchten Landpflanzen reagirte sauer, bei Wasserpflanzen ist diese Reaction undeutlich oder macht einer neutralen Platz. Man muss also annehmen, dass im Zellsaft aller Landpflanzen freie Säuren oder saure Salze enthalten sind.[2]) Letztere scheinen jedoch seltener zu sein als freie Säuren; saures Kalioxalat findet sich z. B. im *Sauerampfer*, im *Curcumarhizom*, saures weinsaures Kali im *Tamarindenmuss* u. a. Von freien Säuren finden sich: Weinsäure und Citronensäure in den Tamarinden, Ameisensäure in der *Brennnessel*.

Folgende Säuren sind in Pflanzen nachgewiesen[3]):

---

[1]) Der charakteristische Heugeruch rührt von dem Cumarin dieses Grases her.

[2]) Vergl. auch C. Kraus, Wollny's Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik und G. Kraus, Sitzungsb. naturforsch. Ges. Halle a. S.

[3]) Vergleiche Husemann-Hilger, Pflanzenstoffe. 1882. — Ebermaier, Physiolog. Chemie d. Pflanzen. — Flückiger, Pharmakognosie.

Ameisensäure, theils frei *(Urtica)*, theils gebunden, wahrscheinlich weit verbreitet, aber erst in einigen Pflanzen nachgewiesen: Nadeln, Rinde, Holz von *Pinus Abies*, Blätter von *Sempervivum tectorum*, Früchte von *Sapindus Saponaria L.*, Früchte von *Tamarindus indica*, Vegetationsorgane von *Urtica urens*, Frucht von *Ceratonia Siliqua*.

Essigsäure, theils frei, theils an Kali und Calk gebunden, im Zellsaft zahlreicher Pflanzen, besonders baumartiger Holzgewächse, auch in *Anthemis nobilis* u. a.

Propionsäure, in den Früchten von *Gingko biloba*, im Fliegenschwamm, in den Blüthen von *Achillea Millefolium*, wahrscheinlich verbreiteter.

Buttersäure, als Isobuttersäure in *Siliqua dulcis*, in *Anthemis nobilis*, ferner in den Früchten von *Tamarindus indica*, *Tanacetum vulgare*, *Arnica montana*, in den *Coccelskörnern*, als Aether in *Heracleum giganteum* und *Pastinaca sativa*.

Baldriansäure, als Isobaldriansäure in der Baldrianwurzel, ferner in der *Rad. angelicae*, in der *Asa foetida*, in Beeren und Rinde von *Viburnum Opulus*, im Splint von *Sambucus nigra*, den Blüthen von *Anthemis nobilis*, den Blättern von *Artemisia Absinthium*, *Digitalis purpurea*, dem *Kusso* u. a.

Capronsäure, im Fett der *Cocosnuss*, in *Arnica montana* u. a.

Oxalsäure, sehr verbreitet als Calkoxalat (s. S. 101), als saures Kalisalz in *Oxalis*, *Rumex*, *Geranium acetosum*, *Spinacia oleracea*, *Rheum palmatum*, *Atropa Belladonna*, *Rhiz. curcumae*, als Natronsalz in *Salicornia* und *Salsola*-Arten.

Bernsteinsäure, im Kraute von *Lactuca sativa* und *virosa*, *Artemisia Absynthium*, *Papaver somniferum*, in unreifen Weintrauben und dem fossilen Harze, dem *Bernstein* (9%).

Apfelsäure, in zahlreichen Pflanzen, frei oder (meistens) als Kali-, Calk-, Magnesia-Malat, besonders reichlich in Früchten, besonders unreifen und sauren, z. B. den unreifen Früchten von *Sorbus aucuparia*, unreifen Aepfeln, aber auch in den Tabakblättern, *Quitten* und unreifen Trauben und in dem Milchsafte von *Euphorbia resinifera* (als Calkmalat), wie anderen Milchsäften, ferner in *Rad. levistici* u. a.

Weinsäure, sehr verbreitet, besonders in sich entwickelnden und wachsenden Pflanzentheilen, theils frei, theils als Kali- und Calktartrat, vornehmlich in sauren und süssen Beerenfrüchten, weniger in Wurzel, Stamm und Blatt. Sie findet sich in den Weinbeeren, den Früchten von *Rhus typhina* und *glabra*, den Maulbeeren, den Tamarinden, Ananas, Gurken, in den Blüthen der *Chamille*, in den Wurzeln von *Rubia tinctorum*, *Leontodon Taraxacum*, *Triticum repens*, in den Kartoffeln, den *Helianthus*-Knollen, den *Bulb. scillae*, in den Blättern von *Rumex*, *Chelidonium*, der *Fol. sennae*, dem Kraute von *Lycopodium complanatum* und in *Cetraria islandica*.

Citronensäure, theils frei, theils als Kali-, Calk- und Magnesiacitrat. Reichlich besonders in den Citronenfrüchten, den Kirschen, den Früchten von *Vaccinium Myrtillus*, *Rubus idaeus*, *Ribes grossularia*, *Sorbus aucuparia*, *Fragaria vesca*, *Sambucus*, *Solanum Dulcamara*, *Capsicum annuum*, *Tamarindus indica*, den Fruchtschalen von *Juglans regia*, in den Eicheln, den Kaffeesamen, im Kraute von *Aconitum Lycoctonum*, *Nicotiana*, *Isatis*, *Asperula*, *Rubia*, *Richardsonia*, *Pinus silvestris*, in den Wurzeln von *Asarum europaeum*, *Rubia tinctorum*, *Richardsonia scabra*, in den Runkelrüben, den Zwiebeln von *Allium Cepa*, in der Rinde von *Aesculus Hippocastanum* und vielen anderen Pflanzen.

Bezüglich der Fettsäuren vergleiche oben Fett und Oel (S. 69), bezüglich der Gerbsäuren die Gerbstoffe (S. 126).

Dies die wichtigsten Säuren.[1]) Seltener sind: Chinasäure in *Cort.*

---

[1]) Bezüglich der Theorien der Bildung der Säuren im pflanzlichen Organismus ist Husemann-Hilger zu vergleichen.

chinae, den Kaffeebohnen, dem Heidelbeerkraut, Alantsäureanhydrit in *Rhiz. helenii*, Aconitsäure in *Herb. millefol.* und *Fol. aconiti* (als Calksalz), Salicylsäure im Kraute von *Viola tricolor*, als Methyläther im Kraute von *Gaultheria procumbens*, Zimmtsäure und Benzoësäure entweder frei *(Benzoë, Styrax)* oder als Aether im *Perubalsam, Tolubalsam, Styrax, Benzoë*, Agaricussäure in *Fung. laricis*, Sclerotinsäure in *Secale cornutum*, Filixsäure in *Rhiz. filicis*, Cathartinsäure als Calk- und Magnesiasalz in den *Fol. sennae*. Chinovasäure in *Rhiz. tormentillae*. Jervasäure in *Rhiz. veratri*, Sabadill- und Veratrumsäure in *Sem. sabadill.*, Cubebensäure in den Cubeben, Abietsäure im Harze der *Coniferen*, Pininsäure im *Coniferen*-Harz, Ferulasäure im Asant, Arabinsäure als Calk- und Magnesiasalz im Gummi der *Acacia Senegal* (Gummi arabicum).

Welche Rolle die Pflanzensäuren im Haushalte der Pflanze spielen, ist noch nicht klar erkannt. Bei den Farnen ist, wie PFEFFER [1]) fand, die von den Archegonien in minimalen Mengen abgeschiedene Aepfelsäure ein specifisches Reiz- und Lockmittel für die Spermatozoiden, die ohne dies den Archegoniumeingang nicht finden würden. Auch bei Herstellung und dem Wechsel des Turgors der Zelle scheinen sie betheiligt zu sein. [2])

II. Die anorganischen Bestandtheile des Zellsaftes.

Da die Pflanze durch die Wurzeln Lösungen aller der Mineralsalze aufnimmt, die sie zu ihrer Ernährung braucht, so wird sich im Zellsaft stets eine Lösung dieser Substanzen finden. Da diese Lösung aber auch die Membranen durchdringt, so werden die betreffenden Stoffe auch in dieser sich nachweisen lassen. Ueber Wanderung und Vertheilung der anorganischen Zellinhaltsbestandtheile in den verschiedenen Organen wissen wir noch wenig, obgleich sehr zahlreiche Aschenanalysen vorliegen. [3]) Denn dieselben geben in der Form, wie sie gegenwärtig meistens ausgeführt werden, nur ein Bild der Gesammtaschebestandtheile, sowohl des Inhaltes als der Membran der Zellen. Einen, wenigstens ungefähren Einblick in das Verhältniss der im Inhalt gelösten und der in den Membranen eingelagerten Mineralsubstanzen wird man erst erhalten, wenn man die betreffenden Pflanzentheile mit Wasser zerquetscht und den abgepressten Theil gesondert von dem Pressrückstand verascht. Wenn diese Methode auch keine absolut richtigen Werthe liefert, so kann man mittelst derselben doch wenigstens das ungefähre Verhältniss beider Bestandtheile zu einander feststellen. Bei den Drogen ist jedoch zu berücksichtigen, dass beim Trocknen der betreffenden Pflanzentheile die Lösungen des Zellinhaltes auch von den Membranen aufgesogen werden, also die Aschenbestandtheile sich vorwiegend in diesen finden werden. Dass die Membranen in den meisten Fällen aschereich und die Aschebestandtheile ihnen molecular eingelagert sind, davon kann man sich bei vorsichtiger Veraschung eines beliebigen Pflanzentheiles, z. B. eines Hanfblattes, leicht überzeugen: die Form der Zellmembranen bleibt hierbei nahezu unverändert erhalten (so auch beim Verbrennen von Brennholz). Sind die Pflanzentheile sehr asche- und besonders sehr kieselsäurereich (z. B. die Blätter der

[1]) Locomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize. Ber. d. d. botan. Ges. 1883.

[2]) DE VRIES, Antheil d. Pflanzensäuren an der Turgorkraft wachsender Organe. Bot. Zeit. 1883. Vergl. ferner WARBURG, Ueber die Stellung der organ. Säuren im Stoffwechsel der Pflanzen. Ber. d. d. botan. Ges. 1885, S. 280 u. and.

[3]) Vergleiche besonders WOLFF, Aschenanalysen. Berlin 1871. — KÖNIG, Chemische Zusammensetzung d. Nahrungs- und Genussmittel. Berlin 1882. — FLÜCKIGER, Pharmakognosie. II. Aufl. Berlin 1883.

Gramineen, des Hanf, die *Diatomeen)*, so bleiben sie auch nach dem Glühen in Form und Umriss vollständig unverändert. Bei den *Diatomeen* sind noch die feinsten Membranensculpturen deutlich zu erkennen. Der unmittelbare Zusammenhang der anorganischen Theilchen wird also durch die Entfernung der organischen beim Glühen nicht aufgehoben. Es scheint, dass die leicht löslichen Aschebestandtheile vorwiegend im Zellinhalt, die schwer löslichen — in erster Linie also die Silicate — der Membran eingelagert sind.

Schon oben haben wir ja gesehen. dass Salze anorganischer Basen im Zellinhalte vorkommen, dass das Plasma reich daran ist, dass in den Zellen auskristallisirte Salze (besonders Calkoxalat), sowohl isolirt als in Aleuronkörnern eingeschlossen, vorkommen. Nur die isolirten Calkoxalatkristalle können bisweilen im Zellsaft entstehen (siehe oben), meist werden aber auch sie wohl im Plasma gebildet. Das Gleiche gilt von den anderen Calciumsalzen. Alle übrigen anorganischen Salze finden sich in wässriger Lösung.

Da wir wissen, dass die anorganischen Aschebestandtheile der Pflanze die wichtigsten Nährsubstanzen derselben umfassen, so werden sie auch keiner Pflanze fehlen, da wir ferner wissen, dass sie in einer, im Einzelnen freilich noch nicht aufgeklärten Weise bei den Processen der Ernährung und des Stoffwechsels, also bei der Bildung und Umbildung der organischen Substanzen, betheiligt sind — z. B. das Kalium nach Nobbe bei der Stärkebildung (s. oben S. 75), der Calk vielleicht bei der Membranbildung (s. unten S. 171) und das Eisen bei der Chlorophyllbildung (s. unten S. 146) — so werden wir einen besonderen Reichthum von Aschebestandtheilen in den Ernährungsorganen der Pflanzen und den Bildungsheerden neuer Organe erwarten dürfen. In der That zeichnen sich denn auch die Blätter, in denen die Bildung der organischen Substanz aus Kohlensäure und Wasser vor sich geht, durch reichlichen Aschegehalt aus, wie folgende auf (bei 100°) getrocknete Substanz bezügliche Zahlen[1]) zeigen.

	Procent
Fol. Theae	5—8, meist 6—7
Fol. sennae	9—12
Fol. digitalis	10·5
Fol. absinthii	7—10
Fol. aconiti	16·6
Fol. conii	12·8
Fol. belladonnae	14·5
Fol. stramonii	17·4
Fol. nicotianae	18—27
Herb. cannabis	18—34
Herb. cochleariae	20.

Zum Theil ist jedoch wohl der hohe Aschengehalt der Blätter auch darauf zurückzuführen, dass zu ihnen die gesammte Menge der von den Wurzeln aufgenommenen Mineralsalzlösungen dringt, bei der Transpiration das (zur Lösung der Mineralsubstanzen verwendete) Wasser aus ihnen verdunstet und eine Anhäufung von Mineralsubstanzen gerade hier also nichts Auffallendes hat.

Auch die Meristeme sind sehr aschereich. Das Gleiche gilt von der Rinde, in der sich viel lebhaftere Stoffwechselprocesse abzuspielen scheinen, als man erwarten sollte. Es enthält:

---

[1]) Vergleiche besonders Flückiger, Pharmakognosie, dort sind auch zahlreiche Angaben über die Zusammensetzung der Asche von Drogen zu finden.

	Procent	
Cort. cinnam. ceylan.	5	Asche
Cort. quercus	6	„
Cort. granati	14·3—16·7	„
Cort. quassiae	17·8	„
Cort. guajaci	23	„

Immerhin tritt die bemerkenswerthe Thatsache schon jetzt, trotz unserer mangelhaften Kenntnisse im Einzelnen, hervor, dass die fertig ausgebildeten Gewebe, die sogenannten Dauergewebe und alle die Gewebe, in denen sich Stoffwechselprocesse nicht mehr abspielen, aschearm, die Gewebe dagegen, in denen ein lebhafter Stoffumsatz, besonders Neubildungen, stattfinden, aschereich sind.

Dieses Verhältniss kommt dadurch zu Stande, dass die Mineralsubstanzen, ebenso wie das organische Material, von dort, wo sie nicht mehr nöthig sind, nach den Orten intensivsten Stoffverbrauches wandern. So sind z. B. die fertig ausgebildeten Elemente des Holzkörpers meist sehr aschearm. Es enthält z. B.

	Procent	
Lignum guajaci	1	Asche
Lign. quassiae surinam.	3·6	„
Lign. guajaci, Kernholz	0·6	„
Splint	0·91	„
Lign. quassiae jamaic.	7·8	„
Lign. santali	0·8	„ [1]

Flückiger fand, dass die für die Pflanze so wichtige Phosphorsäure nur im Splint, nicht im Kernholz vorkommt, letzteres ist aus dem Saftverkehr der Pflanze ausgeschaltet, ersterer leitend. Auch die Bastfasern sind aschearm.

Noch klarer treten diese Verhältnisse bei den Blättern der Pflanzen mit periodischem Laubfall hervor. Ebenso wie die organischen, besonders die stickstoffhaltigen Bestandtheile des Blattes, gegen die Zeit des Laubfalles das Blatt verlassen, so wandert auch ein Theil der Mineralsubstanzen aus dem Gewebe des Blattes aus, bevor das letztere abgeworfen wird.

Aber auch in anderer Beziehung verhalten sich die anorganischen Substanzen den organischen gleich: Sie werden wie diese in den Speicherorganen aufgespeichert. Da jedoch bei der Keimung der Samen stets zuerst das Würzelchen die Samenschale durchbricht und in den Boden eindringt, meist lange bevor die Plumula sich entfaltet, die Aufnahme von Mineralsalzlösungen also sehr viel früher anhebt als die selbstständige Ernährung der Pflanze durch die Blätter, so wird es nicht auffallen, dass die Samen sehr viel mehr organisches, wie anorganisches Material speichern. [2]) Der Aschegehalt der Samen beträgt bei:

	Procent
Coloquinten-Samen	2.7
Pfeffer	4, 1—5·7
Fruct. Phellandri	8
Piment	6—7·7
Cacao-Samen. Kern	2·08—3·93
Schale	4·6—16·3
Sem. lini	3—4
Amygdalae dulces	3·05
Sem. faenugraeci	3·7

[1]) Zahlreiche Angaben über den Aschengehalt der Hölzer finden sich in Möller, Rohstoffe des Tischler- und Drechslergewerbes. Allgem. Waarenkunde, Fischer, 1883.

[2]) Der Procentgehalt an Asche bei den Samen wird dadurch, dass die Schale in Folge der Dickwandigkeit der Zellen sehr cellulosereich ist, stark herabgedrückt.

Auch den hohen Aschegehalt der Rinden möchte ich auf eine derartige Speicherung zurückführen.

Für die Nitrate hat FRANK[1]) neuerdings nachgewiesen, dass sie oftmals im Rinden- und Markparenchym gespeichert werden und auch die Kartoffeln, wie andere Reservebehälter sind als nitratreich befunden worden. Von Drogen sind besonders die Blätter von *Datura Stramonium* und *Nicotiana Tabacum*[2]), sowie das *Lactucarium* mehr oder weniger reich an Kalisalpeter.

Von Rhizomen enthält z. B. *Rhiz. zingiberis* 3·5—4·8%, *Rhiz. rhei* bis 40% Asche.

Wie wichtig die Mineralsubstanzen für die Ernährung der Pflanze sind, ist leicht zu zeigen. Man braucht nur den Versuch zu machen, sie ohne dieselben, etwa in ausgeglühtem Sande oder in destillirtem Wasser zu erziehen Niemals kommt hierbei die Pflanze weiter, als die im Samen angehäuften Reservestoffe es ihr erlauben.

Besonders die durch SACHS und KNOP eingeführte Methode der Wassercultur[3]), die darauf beruht, dass man den jungen Keimling, sobald Wurzel und Plumula hervorgetreten sind, in eine wässerige Lösung der für die Ernährung nothwendigen Substanzen so einführt, dass nur die Wurzel eintaucht, besitzt alle Erfordernisse einer beweiskräftigen Methode. Man kann bei ihr mit grösster Leichtigkeit einen oder den anderen Stoff ausschliessen oder hinzufügen und wird so ohne Schwierigkeiten den Einfluss, den dies auf die Entwicklung der Pflanze übt, zu studiren in der Lage sein. Auf diesem Wege ist es gelungen, festzustellen, welche Mineralsubstanzen für die Ernährung nothwendig, welche entbehrlich sind, und welche schädlich wirken.

Bei Pflanzen, die in Wassercultur gedeihen — es sind dies nicht alle — gelingt es leicht, wenn man der verwendeten Lösung alle zur Ernährung nothwendigen Substanzen in dem richtigen Verhältnisse und der richtigen Concentration zusetzt, die Individuen bis zur Samenreife zu bringen, wie beistehende Abbildung (Fig. 134) einer solchen Cultur der Buschbohne zeigt, die in sogenannter Normallösung[4]) zahlreiche Früchte ausgebildet hat.

Nothwendige Nährstoffe sind:

1. Schwefel, wird in Form von Sulfaten aufgenommen und ist ein nothwendiger Bestandtheil der Eiweisskörper. Die Sulfate des Zellinhaltes sind durch eine Baryumchloridlösung nachzuweisen: die Inhalte unverletzter Zellen werden körnig trübe.

2. Phosphor, wird in Form von Phosphaten aufgenommen. Die Glycerinphosphorsäure ist in zahlreichen stickstoffhaltigen Bestandtheilen der Pflanzen nachzuweisen. Im Zellsaft sind die Phosphate mittelst Ammonmolybdänatlösung nachzuweisen. Es tritt nach kurzem Erwärmen Gelbfärbung ein.

3. Stickstoff, wird in Form von Nitraten, selten in Form von Ammoniaksalzen aufgenommen und tritt in die Constitution der Eiweissstoffe und anderer stickstoffhaltiger Zellinhaltsbestandtheile ein. Die Nitrate sind im Zellsaft mittelst Diphenylamin-Schwefelsäure[5]) nachweisbar: es tritt intensive Blaufärbung ein. Der Stickstoff der Luft wird nicht direct aufgenommen (BOUSSINGAULT).

4. Kalium steht in Beziehung zur Bildung, Wanderung, Ablagerung und zum Verbrauch der Kohlehydrate. Besonders Stärke scheint

[1]) Berichte d. deutsch. bot. Ges. 1887.

[2]) Beim Rauchen verpufft das Nitrat oft hörbar.

[3]) Ueber die Methode der Wassercultur vergl. BRETFELD, Das Versuchswesen auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie, Berlin 1884, S. 110, und DETMER, Physiologisches Practicum.

[4]) Diese Normallösung enthält in einem Liter 0·1 $Mg\ SO_4 + 7\ H_2O$, 0·3 $Ca\ (NO_3)_2$, 0·15 $K\ Cl$, 0·2 $K_2\ H\ PO_4$, 0·05 $Fe_2\ Cl_6$.

[5]) Von MOLISCH (Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1883) als mikrochem. Reagens empfohlen.

Fig. 134.



In Normallösung erzogene, bis zur Samenreife gebrachte *Bohne*. *c* Ansatzstellen der (abgefallenen) epigäen Cotyledonen (Tschirch).

ohne Kalium nicht gebildet zu werden (Nobbe).[1] Im Zellsaft unverletzter Zellen mittelst einer Lösung von Platinchlorid in Aether-Weingeist nachweisbar (gelingt nicht immer).

5. Calcium wird als Sulfat und Nitrat aufgenommen und findet sich als Oxalat geformt im Zellinhalt — als Excret, denn diese Kristalle werden im Verlaufe des Vegetationsprocesses nicht wieder in den Stoffwechsel zurückgeführt — oder als Sulfat, Phosphat etc. oder gelöst im Zellinhalt. Vielleicht dient Calk vorwiegend dazu in Form von Gyps die Schwefelsäure der Pflanze zuzuführen. Die Samen sind calkarm.

6. Magnesium scheint in Beziehung zu den Phosphaten und den Proteïnsubstanzen zu stehen und ist in den Samen oft reichlich vertreten. Es findet sich (mit Phosphorsäure) in den Globoïden der Aleuronkörner.

7. Eisen ist zwar (ebenso wie im Blut) auch in der Pflanze nur in sehr geringen Mengen enthalten, ist aber für die Chlorophyllbildung, also für die Ernährung, unbedingt erforderlich, obgleich es, wie ich gezeigt habe, nicht in das Molecül des Chlorophyllfarbstoffes selbst eintritt (s. S. 57).

Werden Pflanzen ohne Eisen in Wassercultur erzogen, so werden sie icterisch[2]), gelbsüchtig oder chlorotisch[3]), bleichsüchtig, d. h. ihre Blätter ergrünen nicht, sondern bleiben bleich oder werden gelb. Mikrochemisch ist Eisen in der Pflanze nicht nachweisbar.

Vortheilhaft, aber nicht nothwendig ist:

Chlor. Obgleich es gelungen ist, Pflanzen unter Ausschluss von Chlor zu erziehen, scheint doch, namentlich das Kalium als Chlorid besonders leicht verarbeitet zu werden.

Entbehrlich sind:

1. Natrium, welches sich zwar in allen Pflanzenaschen findet, aber fehlen kann, ohne dass die Entwicklung beeinträchtigt wird. Besonders reich sind die Salzpflanzen (Halophyten[4]) an Natronsalzen.

2. Silicium ist zwar in geringer Menge in den meisten Pflanzenaschen vorhanden, doch sind nur einige, durch die Rauheit ihrer Vegetationsorgane ausgezeichnete Familien besonders reich daran, nämlich die *Gramineen*, *Equisetaceen* und *Diatomeen*, sowie die die Baststränge begleitenden Stegmata einiger *Monocotylen* (s. unten unter Sclereïden und Membran). Da es vornehmlich in den Membranen vorkommt, so bleiben diese beim Glühen als Kieselskelette zurück. Man kann sich solche Skelette in der Weise darstellen, dass man Stückchen von rauhen Blättern mit concentrirter Schwefelsäure oder Salpetersäure und Kaliumchlorat (Schulze'sche Macerationsflüssigkeit[5]) erwärmt, die Säure verjagt und den Rückstand auf Platinblech (am besten im Sauerstoffstrome) oder auf dem Deckgläschen weiss brennt. Gewebe, die vorher nicht in dieser Weise behandelt wurden, sintern in Folge ihres Gehaltes an Alkalien oftmals zusammen (es entsteht ein Alkalisilicat). Da man neuerdings Silicium an Stelle des Kohlenstoffes in organische Verbindungen eingeführt hat, so ist die Vermuthung nicht unberechtigt, dass das in der Zellwand enthaltene Silicium in Form einer organischen Verbindung — Silicocellulose — vorhanden sei.[6])

Wie schon von vorneherein aus mechanischen Gründen einleuchtet, entspricht die Festigkeit der Pflanzenorgane nicht einem höheren Gehalte

---

[1]) Lüpke fand neuerdings, dass auch ohne Kalium bei der Bohne Assimilation und Stärkebildung eintritt (Dissertation Giessen 1888).

[2]) ἴκτερος Gelbsucht.

[3]) χλωρός bleichgrün.

[4]) ἅλς Salz; φύω wachse.

[5]) Der Forscher, nach dem dieses Reagens benannt ist, heisst F. F. Schulze, nicht Schultze, wie oben (S. 25) angegeben. Beschrieben ist es in den Sitzungsber. d. Berl. Akademie 1833.

[6]) Ladenburg, Ueber die Natur der in den Pflanzen vorkommenden Siliciumverbindungen. Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1872, S. 568.

der Membranen an unverbrennlichen Stoffen und steht z. B. die durch Siliciumeinlagerung erzielte Rauheit gewisser Blatt- und Stengelorgane nicht in Beziehung zu einer höheren Festigkeit derselben. Dass z. B. die Biegungsfestigkeit bei den Gräsern ganz unabhängig vom Kieselgehalt der Membranen ist, lehren Wasserculturen von *Gramineen* in siliciumfreien Lösungen: Die Pflanze entwickelt sich normal, nur sind die Blätter nicht rauh.

Eine sehr merkwürdige Anhäufung von Silicaten findet sich in der Markhöhle jüngerer Internodien von *Bambusa arundinacea*, einer gleichfalls zu den *Gramineen* gehörigen Pflanze. Die Entstehung dieses Kieselsecretes, das unter dem Namen *Tabaschir* sich seit langem im Handel befindet, hat Cohn[1]) erörtert.

3. Mangan ist weniger verbreitet, findet sich jedoch regelmässig, wenn auch in kleiner Menge, z. B. in den Drogen aus der Familie der *Zingiberaceen*.[2]) Es genügt, einen einzigen Samen der *Cardamomen* oder ein noch kleineres Stückchen ihrer Fruchtkapsel auf einer aus Platindraht gebogenen Oese in der Oxydationsflamme eines einfachen Weingeistlämpchens einzuäschern und nöthigenfalls mit etwas Soda und einer Spur Salpeter zu schmelzen, um eine durch mangansaures Alkali grün gefärbte Perle zu gewinnen, welche, mit Essigsäure benetzt, rothes Permanganat gibt. Ebenso verhalten sich die Wurzelstöcke aus dieser Familie. Auch die Asche des gewöhnlichen *Korkes* (von *Quercus Suber)* und anderer *Kork*-Arten ist aus dem gleichen Grunde grün.

4. Aluminium ist selten, in nicht unbeträchtlicher Menge findet es sich in den Blättern und Stengeln der *Lycopodium*-Arten.

5. Jod und Brom kommen in den pflanzlichen (und thierischen) Meeresbewohnern vor *(Laminaria*, $^1/_3$% der Asche, *Carageen)*, Fluor namentlich in den Samenschalen der *Getreide*-Arten, Lithium im *Tabak*.

Die Gewinnung der Asche zum Zwecke der Wägung ist oft nicht ganz leicht, indem manche Pflanzentheile und besonders die Ausscheidungsstoffe, wie Gummi, Harz, Zucker, nur sehr allmälig vollkommen verbrennen. Die namentlich bei stickstoffreichen Substanzen schwierige Einäscherung lässt sich sehr beschleunigen, wenn die zu untersuchenden Gegenstände in einem Verbrennungsrohre auf einer aus Platinblech gebogenen Rinne in Sauerstoffgas erhitzt werden. In einfacherer Weise, wenn auch langsamer, erreicht man das gleiche Ziel, wenn man die in einer Platinschale verkohlte Substanz mit Wasser tränkt, dieselbe vorsichtig, ohne das Wasser abzugiessen, wieder trocknen lässt und nochmals erhitzt. Das Wasser führt die löslichen Salze an freie Stellen der Schale, wodurch nachher der Zutritt der glühenden Luft zu der Kohle begünstigt wird. Wenn man dieses Verfahren mehrmals wiederholt, so gelingt es in den meisten Fällen, zuletzt einen von Kohle freien Rückstand zu erhalten. Allzu hohe Temperatur wirkt verzögernd, wenn schmelzbare Salze, z. B. Phosphate der Alkalimetalle, zugegen sind, welche zusammensintern und die Kohle einhüllen. Viele Substanzen verglimmen allmälig bei sehr mässiger Hitze vollständiger, als in hoher Temperatur. Sehr harte Samenschalen leisten dem obigen Befeuchtungsverfahren hartnäckigen Widerstand, welcher dadurch zu überwinden ist, dass man die verkohlte Substanz mit Hilfe eines recht glatten Achatpistills in der Schale oder in dem Tiegel selbst, unter Vermeidung von Verlust, zerreibt und nachher mit Wasser behandelt. Durch das zuletzt gewöhnlich nothwendige starke Glühen wird Kohlensäure ausgetrieben, welche der Asche vor der endgiltigen Wägung

[1]) Ber. über d. Thätigk. etc. d. schles. Ges. für vaterländ. Cultur, 1886 u. Beiträge zur Biologie d. Pflanzen. Vergl. auch Poleck, Zeitschr. d. österr. Apothekerver. 1887.

[2]) Flückiger, Pharm. Journ. III (London 1872), S. 208.

zurückerstattet werden muss, um vergleichbare Zahlen zu erhalten. Dieser Zweck wird erreicht, wenn die Asche mit ein wenig concentrirter Auflösung von Ammoniumcarbonat befeuchtet und wieder getrocknet wird. Kaum bedarf es der Erwähnung, dass zur Einäscherung bei 100° getrocknete Substanz verwendet werden muss.

Auch Zusatz von Ammoniumnitrat oder Ammonsulfat befördert, namentlich bei eiweissreichen Substanzen, die Verbrennung.

Die Bestimmung des Verbrennungsrückstandes ist von grösstem praktischen Werthe besonders für die Untersuchung von pflanzlichen Pulvern. Da nämlich jeder Pflanzentheil, also auch jede Droge eine innerhalb gewisser, oft ziemlich enger Grenzen schwankende Menge Asche liefert [1]), so kann die Wägung derselben schon darüber belehren, ob eine Verfälschung mit anderen pflanzlichen oder gar anorganischen Pulvern stattgefunden hat [2]) (*Pfeffer, Thee, Kamala, Lycopodium, Crocus* u. and.). Auch die Bestimmung des Verhältnisses der in Wasser löslichen zu den in Wasser unlöslichen Aschebestandtheilen ist manchmal von Bedeutung (*Folia Theae*).

Der Aschenbestimmung muss freilich stets die mikroskopische Analyse vorausgehen.

Das hauptsächlichste Lösungsmittel der meisten der vorstehend genannten Substanzen, das Wasser, verdampft beim Trocknen der Drogen [3]) grösstentheils; wie beträchtlich dessen Menge oft sein kann, zeigen manche Wurzeln in auffallender Weise. Jüngere *Radix Belladonnae* verliert bis 85% Wasser, *Radix Taraxaci* 77%, saftige Früchte noch mehr. Jedoch halten alle Pflanzentheile Wasser zurück, das wir als hygroskopisches Wasser zu bezeichnen pflegen, aber keineswegs in flüssiger Form in den Zellen vorfinden. Der Betrag desselben wechselt sehr bedeutend je nach der Beschaffenheit der Gewebe und vermuthlich je nach ihrem Inhalte.

Die an Zucker und Schleim reiche Meerzwiebel hält 14% hygroskopisches Wasser zurück, *Radix Gentianae* 16—18%, Safran etwa 12%. Werden diese Stoffe im Trockenschranke oder in der Kälte über Schwefelsäure vollkommen entwässert und wieder den gewöhnlichen Bedingungen der Aufbewahrung ausgesetzt, so ziehen sie rasch wieder ungefähr die gleiche Menge Wasser an. Auch Drogen von nicht zelliger Structur enthalten bestimmte Mengen Wasser, das völlig lufttrockene Stärkemehl, das *arabische Gummi* und der *Traganth* z. B. 13—17%. Nur wenige Procente Wasser vermögen dagegen die Samen, besonders die mit harter Schale versehenen, zurückzuhalten.

Die Feststellung des Trockengewichtes ist für die pharmaceutische Praxis von Bedeutung, indem besonders die Ausbeute an lufttrockener Substanz den Werth der eingekauften frischen Kräuter bestimmt. Hager hat in seiner Pharmaceutischen Praxis [4]) zahlreiche Angaben gemacht wieviel trockene Droge ein bestimmtes Gewicht frischer liefert.

Nach der Verdampfung des Wassers lagern sich oftmals gelöste Stoffe in fester Form ab, wie schon bei Gelegenheit des Inulins und Gerbstoffes erwähnt wurde. Nur eine beschränkte Anzahl in Wasser unlöslicher Stoffe vermag in dem trockenen Gewebe tropfbar flüssige Form zu bewahren. So die ätherischen Oele, deren Siedepunkt um 70 bis 150° und mehr höher

---

[1]) So gibt beispielsweise Lycopodium 4, reine Kamala gegen 2, Lupulin gegen 8, Stärke weniger als 1, Cacao gegen 4, Senf und Leinsamen 4 bis 4·5, Pfeffer ungefähr 5% Asche (siehe auch oben, S. 142).

[2]) Flückiger-Tschirch, Grundlagen der Pharmakognosie.

[3]) Hierauf bezieht sich, wie es scheint, der Ausdruck Droge; das u, welches oft noch eingeschoben wird (Drogue), stammt aus den romanischen Sprachen, die sich das Wort angeeignet haben. Flückiger, Geschichte des Wortes Droge. Archiv der Pharm. 219 (1881), 81. Vergl. auch S. 5.

[4]) Berlin, J. Springer, 1876.

liegt, als der des Wassers, daher sie bei gewöhnlicher oder nur wenig erhöhter Temperatur nur in sehr geringer Menge mit dem Wasser abdunsten und daran noch mehr gehindert werden, wenn sie Harze in Auflösung enthalten. Auch der Milchsaft der *Jalape* besitzt merkwürdigerweise in der getrockneten Droge noch flüssige Form, wie ja das daraus dargestellte Harz sehr hartnäckig Wasser zurückzuhalten im Stande ist.

Ausser dem Verluste des Wassers und auch wohl eines Theiles des ätherischen Oeles erfahren viele Pflanzen durch das Trocknen chemische Veränderungen, worüber wir SCHOONBROODT[1]) einige werthvolle Andeutungen verdanken, welche weiter verfolgt zu werden verdienen.

Das Trocknen verändert die Eigenschaften vieler Drogen. Bei einigen derselben treten eigenthümliche Substanzen erst während des Trockenprocesses auf (z. B. *Rhiz. iridis)*, andere verlieren Stoffe oder nehmen einen anderen Geruch an *(Coriander)*.

Den Restbestand, welcher beim Trocknen von pflanzlichen Objecten bei 100—110° — bis zum constanten Gewicht — bleibt, nennt man das T r o c k e n g e w i c h t. Bei gewöhnlicher Temperatur (ungefähr 15° C.) getrocknete Drogen heissen l u f t t r o c k e n.

Während die meisten parenchymatischen Zellen im Leben ausser Plasma und Zellsaft keine oder nur wenig L u f t enthalten (Bastzellen, Gefässe und Intercellularräume enthalten davon reichlich), sind die Zellen der trockenen Drogen meist mehr oder weniger mit Luft erfüllt, da diese sich beim Austrocknen an Stelle des Wassers setzt. Es liegt in der Natur der Sache, dass eine vollständige Erfüllung der Zellen mit Luft nicht durch unmittelbare Anschauung wahrzunehmen ist. In noch saftigen lebensthätigen Zellen dagegen und in solchen, welche man zum Zwecke der Untersuchung mit Flüssigkeit tränkt, wie dies zur Herstellung mikroskopischer Präparate nothwendig ist, S. 20), treten die Luftblasen wegen totaler Reflexion der Lichtstrahlen am Rande als dunkle Ringe aus der Flüssigkeit entgegen, mit denen sich der Anfänger in der mikroskopischen Beobachtung sehr bald hinlänglich bekannt macht, um sich dadurch nicht ferner stören zu lassen.

Mit Luft erfüllte Gewebe (Kork, Holz) schwimmen auf Wasser, trotzdem z. B. das specifische Gewicht der Cellulose und des Korkes höher ist als das des Wassers. Luftfreie Gewebe (z. B. Kernholz des *Guajac)* oder solche, aus denen die Luft entfernt ist, sinken im Wasser unter, ebenso dünne Korkblätter oder *Lycopodium*, sobald man die Luft daraus wegkocht.

---

[1]) WIGGERS-HUSEMANN'scher Jahresbericht. 1869, 9.

Die Zellwand.

Die Umhüllung der Zelle nennt man die Zellmembran oder Zellwand. Im Gegensatz zu den thierischen fehlt nur wenigen pflanzlichen Zellen eine Membran ganz (s. oben, S. 30). Immerhin gehört die Membran nicht nothwendig zum Begriffe der Zelle.

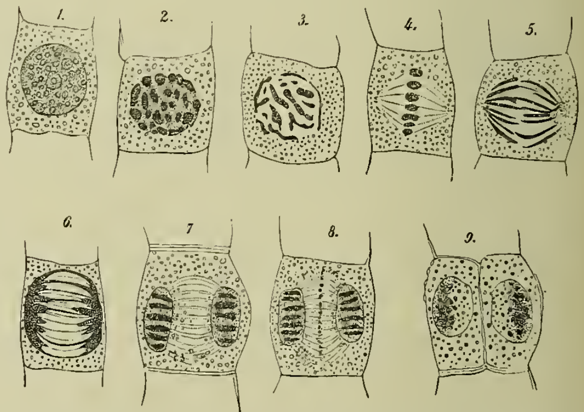
Die Zellwand junger Zellen ist ein dünnes Häutchen, welches aus Cellulose besteht und erst später durch Einlagerung anderer Stoffe chemisch, durch Einfügung von Molecülen der gleichen Art morphologisch verändert wird. Wir können demnach eine chemische und eine morphologische Veränderung der primären Membran unterscheiden. Indess ist zu bemerken, dass selbst die Membran ganz junger Zellen nicht ganz reine Cellulose ist. Da sie ihre erste Anlage dem Plasma verdankt und mit demselben dauernd in Berührung bleibt, ist sie stets von stickstoffhaltigen Körpern durchdrungen.

I. Morphologie der Zellmembran.

1. Bildung und Wachsthum der Zellmembran.

In den Fällen, wo sich eine nackte Zelle mit einer Membran umgibt, z. B. überall da, wo Schwärmer zur Ruhe kommen oder die durch freie Zellbildung entstandenen Primordialzellen im Ascus der *Ascomyceten* zu Ascosporen werden oder die nackte Eizelle im Embryosack nach erfolgter Befruchtung zum Ei wird (Fig. 33), wird die um den nackten Plasmakörper erzeugte Membran direct von der Randschicht des Plasmas abgeschieden. Ueberall dort, wo durch Theilung vorhandener (Mutter-) Zellen, z. B. in den Meristemen (dem Stamm- und Wurzelscheitel, dem Cambium) oder im Parenchym (Fig. 136), neue (Tochter-) Zellen gebildet werden, entsteht die neue Membran zwar auch unter Betheiligung der plasmatischen Zellinhaltsbestandtheile, aber es betheiligt sich in der überwiegenden Anzahl der Fälle, d. h. bei den meisten ein-

Fig. 135.



Theilung des Kernes durch Karyokinese und darauffolgende Theilung der Zelle. Object: Spaltöffnungsmutterzelle eines Blattes von *Iris pumila*. 1. Vor Beginn der Theilung, 2 bis 9 successive Theilungsstadien. Vergr. 800. (Strasburger aus Sachs' Vorlesungen.)

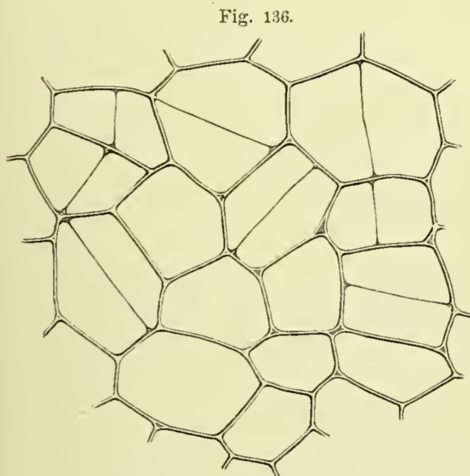
kernigen Zellen, der Zellkern mehr oder weniger an ihrer Bildung, immer dort, wo Karyokinese auftritt (Fig. 135). Im letzteren Falle bleiben die schon vor Auftreten der neuen Membran getrennten beiden Tochterkerne noch durch Verbindungsfäden mit einander verbunden. In der Mitte dieser Verbindungsfäden treten in einer Ebene knötchenartige Verdickungen auf, die die sogenannte (stofflich den Mikrosomen [s. oben S. 34] gleiche) Zellplatte bilden. Diese Verdickungen sind durch Cytoplasma verbunden und in der so gebildeten, die Zelle halbirenden Plasmaplatte entsteht meist simultan, d. h. in allen Theilen gleichzeitig, die neue Cellulosewand. Also auch bei dieser Art der Membranbildung betheiligen sich plasmatische Substanzen.

In einer Anzahl von Fällen hat man aber auch succedane Bildung der Wand beobachtet, d. h. die Wand entsteht nicht in allen Theilen gleichzeitig, sondern zuerst an einer bestimmten Stelle, von der aus die Bildung fortschreitet.

Ganz unabhängig von einander verläuft Membranbildung und Kerntheilung bei den mehrkernigen Zellen, doch scheint auch hier eine Anhäufung von Plasma, besonders von Mikrosomen, an den Stellen stattzufinden, wo später die Membran entsteht.

Das Wachsthum der Zellmembran kann ein doppeltes sein: ein Wachsthum in die Dicke und ein Wachsthum in die Fläche. Ersteres vergrössert das Volumen der Zelle nicht, sondern verbreitert nur deren Membran, entweder allseitig (gleichmässiges Dickenwachsthum) oder an bestimmten Stellen (localisirtes Dickenwachsthum), letzteres vergrössert den Umfang der Zelle und kann ebenfalls entweder allseitig gleichmässig stattfinden oder besondere Partien bevorzugen. Endlich kann auch beides, Dicken- und Flächenwachsthum, gleichzeitig an einer und derselben Zelle auftreten.

Fig. 136.



In Theilung begriffene Zellen aus der Rinde der Wurzel von *Taraxacum officinale L.* (Tschirch).

Eine langgestreckte dickwandige Bastzelle ist z. B. im primordialen Zustande dünnwandig und fast isodiametrisch, wenigstens nur in geringem Maasse gestreckt. Um zu ihrer definitiven Ausbildung zu gelangen, muss diese Zelle erstlich ein die beiden Enden bevorzugendes Flächenwachsthum zeigen — dies führt zur Entstehung der schmalen langgestreckten Form — und sodann auch sehr erheblich in die Dicke wachsen, und zwar in der Hauptmasse der Membran, denn die zarten, spaltenförmigen, unverdickt bleibenden Membranpartien (Tüpfel) nehmen nur einen verschwindend kleinen Theil derselben ein. Eine Bastzelle erlangt also ihre definitive Gestalt durch starkes, aber localisirtes Flächen- und Dickenwachsthum.

Wie Dicken- und Flächenwachsthum zu Stande kommen, ist sicher noch nicht ausgemacht.[1]) Das Dickenwachsthum wird wahrscheinlich theils durch Apposition, theils durch Intussusception (s. oben, S. 88), d. h. theils durch Anlagerung, theils durch Einlagerung neugebildeter Membrantheilchen bewirkt, das Flächenwachsthum lässt sich auch jetzt noch, obwohl vielfache

[1]) Zimmermann hat (Pflanzenzelle, S. 154 u. folgd.) die widerstreitenden Anschauungen kritisch beleuchtet. An dieser Stelle kann auf diese Dinge nicht näher eingegangen werden.

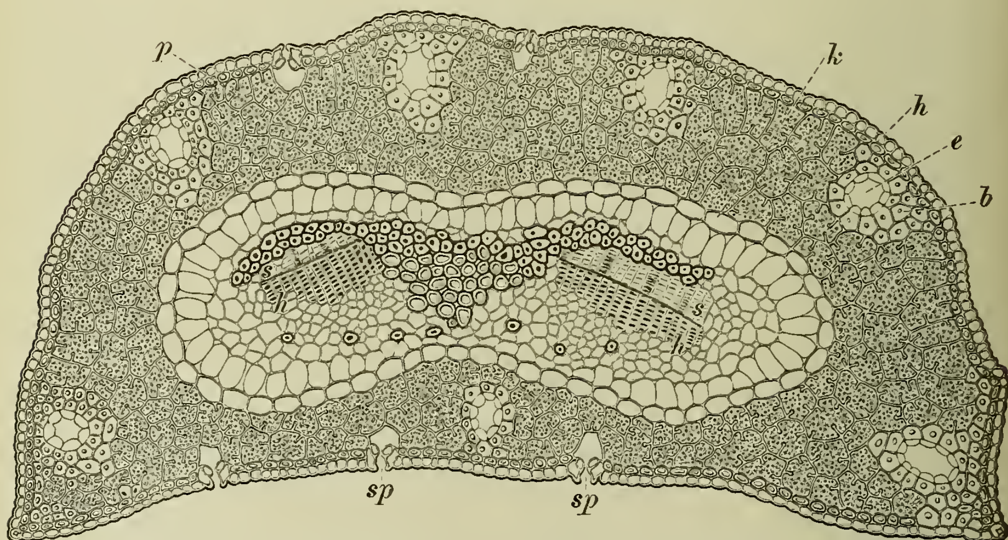
Einwände dagegen erhoben wurden, in befriedigender Weise durch Annahme der Intussusception erklären.

Bei beiden scheint der Zellkern betheiligt zu sein. Wie nämlich HABERLANDT neuerdings gezeigt hat, findet sich derselbe den in die Dicke oder Fläche wachsenden Membranenpartien entweder angelagert oder ist doch mit diesen durch Plasmafäden verbunden.

Jedenfalls können wir uns auch die Membran (ebenso wie die Stärke, s. S. 88) aus Micellen zusammengesetzt denken.

Die NÄGELI'sche Micellartheorie geht von der Annahme aus, dass die chemischen Molecüle aller quellungsfähigen Körper zu in sich geschlossenen Molecülgruppen zusammentreten. Eine solche Gruppe heisst Micelle[1]) (Tagma[2]) PFEFFER). Die Micellen sind mit Wasserhüllen umgeben zu denken, die im vollständig trockenen Zustande des Körpers auf Null reducirt sind, so dass sich die Micellen berühren, und die bei eintretender Quellung, d. h. Wassereinlagerung, an Dimension zunehmen, so dass die Micellen immer weiter von einander rücken. Mit zunehmender Quellung nimmt also die Anziehung der Micellen zu einander in demselben Masse ab, wie ihre Anziehung zu dem Wasser zunimmt.

Fig. 137.



Querschnitt durch ein Blatt von *Pinus silvestris*. *h* Epidermis, *sp* Spaltöffnungen, *p* chlorophyllführendes Blattgewebe mit gefalteten Wänden, *b* mechanische Scheiden der Secretbehälter *(e)*, *k* derbe Parenchymscheide um den doppeltheiligen Mittelnerv, *s* Siebtheil, *h* Holztheil. Beiderseits vom Bündel Transfusionsgewebe ohne Zellwandverdickungen (Tschirch).

WIESNER[3]) nimmt an, dass die vegetabilische Zellmembran sich aus, durch Verbindungsstränge netzförmig vereinigten, organisirten Dermatosomen[4]) aufbaut, zwischen denen sich, solange die Membran wächst, Dermatoplasma findet. Es gelingt die mikrococcenartigen Dermatosomen durch Chlorwasser zu isoliren. Nach WIESNER ist das Wachsthum der Membran daher ein intercalares und die Membran führt, solange sie wächst, Plasma.

Ein ausgeprägt allseitig gleichmässiges Flächenwachsthum zeigen viele rundlichen parenchymatischen Zellen, bei denen eine bestimmte

[1]) Von *mica* Krume.

[2]) τάγμα der durch Gesetz geordnete Haufen.

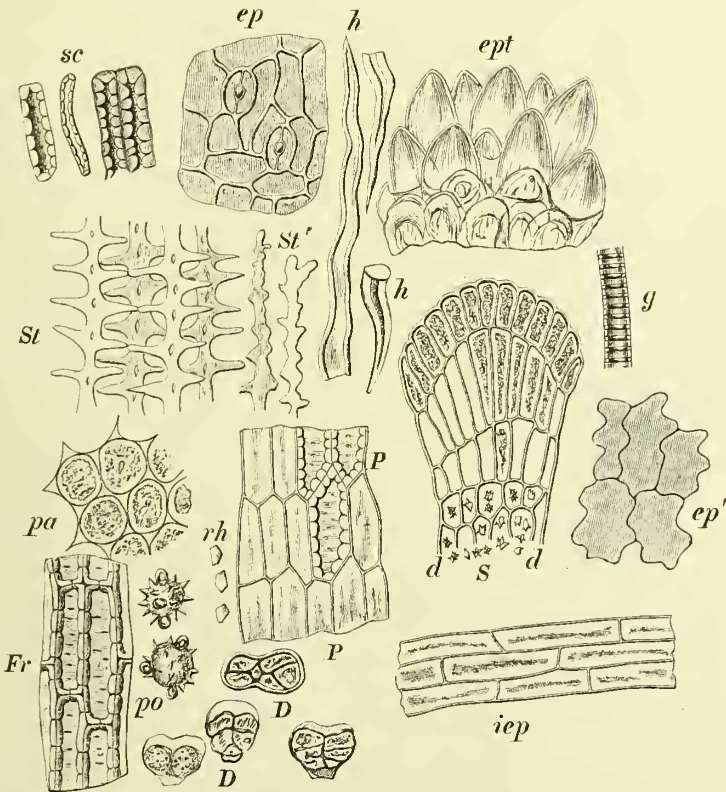
[3]) Unters. über d. Organisation der vegetabil. Zellwand. Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1886.

[4]) δέρμα Haut, σῶμα der todte und lebende Körper.

Wachsthumsrichtung nicht bevorzugt erscheint. Auch die Oelzellen der *Laurineen (Fol. lauri)* wachsen allseitig gleichmässig in die Fläche. Schon bei den Palissadenzellen des Assimilationsgewebes der Blätter (Fig. 132, 139) ist jedoch eine Wachsthumsrichtung bevorzugt. Dieselben erscheinen daher in einer Richtung gestreckt. Noch in viel ausgesprochenerem Maasse ist dies bei den langen ungegliederten Milchröhren, z. B. denen der *Euphorbiaceen* und den Bastzellen der Fall, die bei ungefähr gleichbleibender Breite eine oft sehr erhebliche Länge erreichen können. Zeigen mehrere Stellen ein localisirtes Flächenwachsthum, so treten auch wohl Verzweigungen an der Zelle auf (Milchröhren, *Caulerpa,* Pilzmycelien).

Auch die sogenannten Membranfaltungen (z. B. bei dem Coniferenblattgewebe, Fig. 137) kommen durch ein, auf bestimmte Stellen localisirtes, Flächenwachsthum zu Stande.

Fig. 138.



Flor. Pyrethri (Insectenpulver). *sc* Sclereïden, *ep* Oberhaut, *h* Haare, *pa* Parenchym, *g* Gefässstück, *iep* innere Abgrenzungsschichte, sämmtlich dem Hochblattinvolucrum angehörig, *ept* Epithel (mit Papillen), *ep'* Oberhaut der Aussenseite, *St* und *St'* inneres Gewebe der Strahlblüthen, *S* ein Zahn der Scheibenblüthe mit Oxalatdrusen, *P* Zellen des Pappus, stellenweise sclerosirt mit Einzelkristallen *rh*, *Fr* Gewebestück der Fruchtknotenhülle, *po* Pollen, *D* Drüsen des Fruchtknotens (Hanausek).

Während das allseitig gleichmässige Flächenwachsthum häufig vorkommt, ist das allseitig gleichmässige Dickenwachsthum der Membran eine sehr seltene Erscheinung und überall dort, wo die Membran eine irgend erhebliche Dicke erreicht, überhaupt niemals zu beobachten. Entweder bleiben grosse Partien unverdickt und es treten an bestimmten Stellen entweder nach Aussen oder in das Innere der Zelle verdickte Leisten, Streifen, Wülste hervor (centrifugale und centripetale Wand-

verdickung), oder die Hauptmasse der Membran erscheint verdickt und nur einige kleine circumscripte Stellen bleiben unverdickt (Tüpfel).

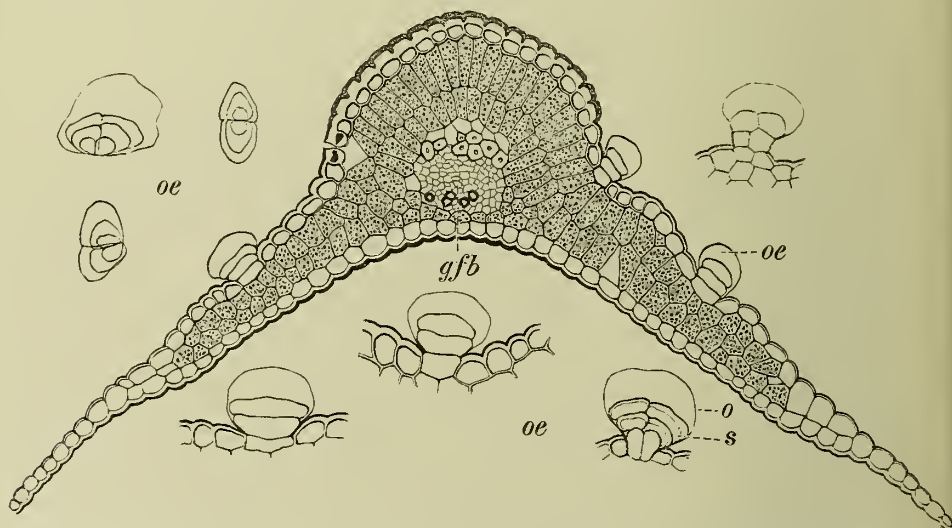
Zwischen beiden gibt es natürlich Uebergänge und dort, wo der unverdickte Theil ebenso gross ist wie der verdickte, kann man natürlich ebensogut, z. B. von netzartiger Verdickung, wie von spaltenförmiger Tüpfelung reden.

Flächen- und Dickenwachsthum kommen bei den einzelnen Zellformen in sehr verschiedener Weise zur Geltung. Während bei Parenchymzellen die allgemeine Form der Zelle und die Wandverdickung sich im Verlaufe der Entwicklung wenig zu verändern pflegt, tritt z. B. bei den Gefässen und Bastzellen eine sehr erhebliche Aenderung beider ein.

Nachträgliche Verdickung dünnwandiger Elemente (wie sie z. B. in den Rinden vieler Bäume eintritt) nennt man Sclerose.[1])

Verdickungen sowohl wie Streckungen stehen zu der physiologischen Function der Zellen, bei denen sie auftreten, in innigster Beziehung, wie wir bei Betrachtung der Gewebesysteme sehen werden.

Fig. 139.



Querschnitt durch ein Hüllkelchblatt von *Artemisia maritima (Cina)*, Die Epidermiszellen aussen in verschiedenem Grade verdickt, *gfb* Gefässbündel, *oe* Oeldrüsen (Tschirch).

2. Die Wandverdickungen.

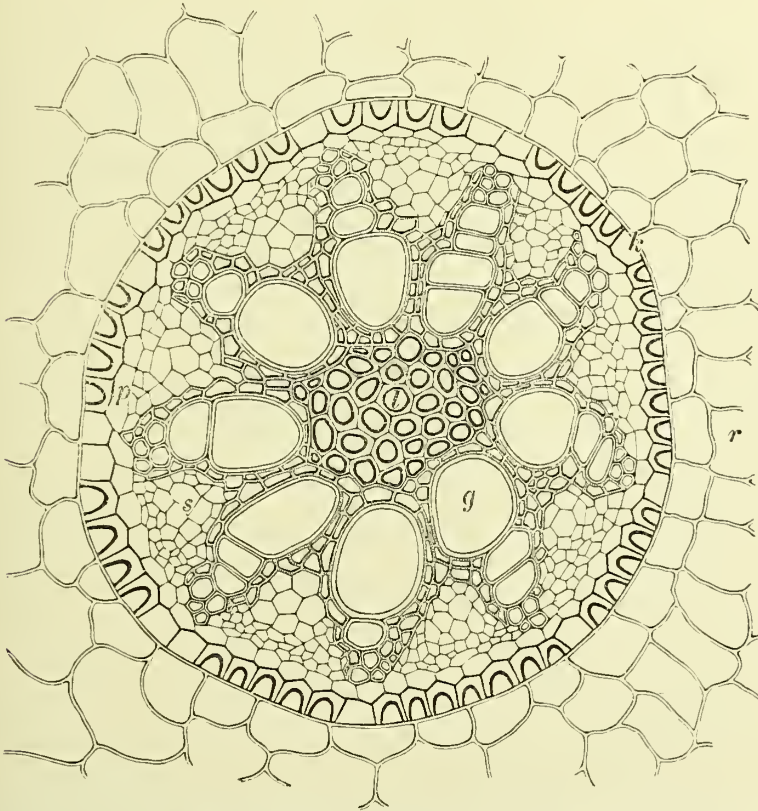
Wie schon oben erwähnt, sind Verdickungen irgend erheblicher Art niemals an der Zellmembran ringsum gleichmässig zu beobachten, sie sind immer mehr oder weniger localisirt. Ragt die verdickte Partie nach aussen, so spricht man von centrifugaler, ragt sie in das Innere der Zelle, von centripetaler Membranverdickung.

Centrifugale Wandverdickungen sind natürlich nur an Zellen möglich, die entweder, wie die Epidermiszellen, wenigstens einseitig an die Luft oder, wie zahlreiche Zellen reichdurchlüfteter Pflanzenorgane *(Nymphaea)*, an Intercellularräume angrenzen oder endlich an Zellen, die vollständig (Pollenkörner) oder nahezu vollständig (Haarorgane) freiliegen. Bei den Epidermiszellen und den Haarorganen entstehen die centrifugalen Wandverdickungen in der Mehrzahl der Fälle durch Faltung der Cuticula (Blumenblätter) oder durch Ausbuchtung der gesammten jugendlichen Zell-

[1]) σκληρός hart.

wand (Haare von *Medicago arborea)*, die später durch Cellulose oder Cuticularschichten ausgefüllt werden. [1]) Bei den Pollenkörnern der *Phanerogamen* und den Sporen der *Cryptogamen* sind locale centrifugale Wandverdickungen ausserordentlich häufig und da sie das Festhaften dieser Organe an Narbe oder Substrat erleichtern, von hoher physiologischer Bedeutung; bei den Pollenkörnern ist es vorwiegend die der Exine [2]) äusserlich aufgelagerte Perine [3]), bei den Sporen meist das, dem Exosporium [4]) aufgelagerte Peri- oder Episporium, welches sie bildet. Perisporium und Perine, die man auch als die äusserste Schichte der Exine, bezw. des Exosporiums betrachten kann, verdanken ihrerseits ihre Entstehung wiederum dem die Exine, bezw. das Exosporium umgebenden Plasma (Peri-

Fig. 140.



Querschnitt durch das centrale Gefässbündel einer Wurzel von *Veratrum album* mit nur innen und an den Seiten verdickter Endodermis *(k)* (Tschirch).

plasma). Die Verdickungen treten in Form von Höckern, netzartigen Leisten (Sporen von *Lycopodium*, *Tilletia Caries)* oder Stacheln (Pollenkörner von *Matricaria Chamomilla, Pyrethrum* (Fig. 138 *po), Helianthus, Malva Alcea, Arnica montana)* auf. [5])

[1]) Schenck, Unters. über d. Bildung v. centrifugalen Wandverdickungen an Pflanzenhaaren und Epidermen. Dissertat. Bonn 1884.

[2]) ἐκτός aussen.

[3]) περί um.

[4]) σπορά Spore.

[5]) Vergl. bes. Strasburger, Bau- und Wachsthum der Zellhäute. 1882. — Leitgeb, Ueber Bau und Entwicklung der Sporenhäute. Graz 1884. — de Bary, Morphologie und Biologie der Pilze. 1884. — Wille u. And.

Centripetale Wandverdickungen kommen ungleich häufiger vor als centrifugale und sind natürlich durchaus nicht auf Zellen beschränkt, die frei liegen oder an Luft grenzen, jede Gewebszelle kann sie erhalten.

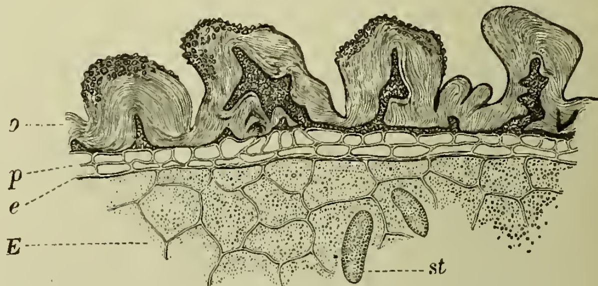
Gemäss der oben angeführten Unterscheidung zwischen Wandverdickung und Tüpfelung soll hier nur die erstere besprochen werden. Es werden also nur die Fälle hervorgehoben werden, wo die unverdickten Membranpartien nicht auf einen verhältnissmässig kleinen Theil der Membran beschränkt sind. Solche locale Verdickungen der Membran finden sich bei den meisten Epidermiszellen. Hier sind sie der Regel nach auf die Aussenwand beschränkt (Fig. 132, 139).

Fig. 141.



Spitze eines Haares der Samen von *Strychnos nux vomica* mit Leistenverdickungen (Tschirch).

Fig. 142.



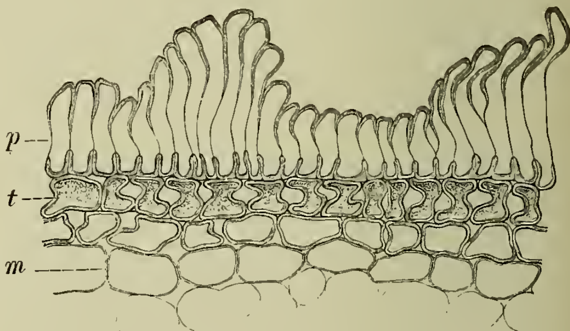
Agrostemma Githago L. Querschnitt durch die Samenschale; *o* die Oberhaut, aussen stark und unförmlich verdickt, *p* Parenchym, *E* das Endosperm mit zwei zusammengesetzten Stärkekörnern *(st)* und zahllosen winzigen Stärkekörnchen, „Füllstärke". Vergr. 160 (Möller).

Man spricht alsdann von einseitig nach aussen verdickten Zellen (die bei weitem meisten Epidermiszellen).

Selten sind bei Epidermiszellen Innen- und Seitenwände verdickt und die Aussenwand dünn (Samenschale von *Hyoscyamus* [Fig. 35], *Nicotiana* und andere *Solaneen*).

Bei den Zellen der Endodermis ist meist gerade umgekehrt wie bei der Epidermis entweder nur die Innenwand oder diese und die Seitenwände (*Rhiz.* und *Rad. veratri* [Fig. 140], Wurzel von *Iris*) verdickt, nie die Aussenwand allein. Die grösste Mannigfaltigkeit herrscht bei den epidermalen Zellen der Samenschale. So sind z. B. die sog. Palissadenzellen der Leguminosensamenschalen vorwiegend an den beiden Seiten, aussen fast gar nicht und innen wenig, die Epidermiszellen von *Capsicum* innen wulstig, von *Agrostemma Githago* (Fig. 142) aussen wulstig verdickt. Bei dem Samen von *Cicer arietinum* (Fig. 143) ist die Aussen- und Innenwand und ein Theil der Seitenwände, bei der Samenschale

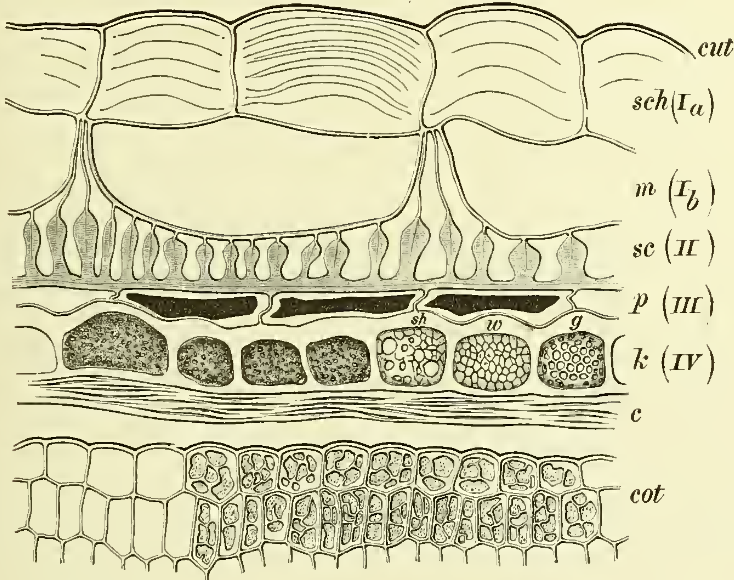
Fig. 143.



Querschnitt durch die Samenschale von *Cicer arietinum.* *p* Palissadenzellen, *t* Trägerzellen, *m* Parenchym. Vergr. 160 (Möller).

von *Sinapis* in der Palissadenschicht die Innenwand und der grösste Theil der Seitenwände (Fig. 144 *sc*) verdickt u. a. m. Bei den Collenchymzellen findet sich die Verdickung vorwiegend in den Ecken der Zellen (siehe mechanisches Gewebe).

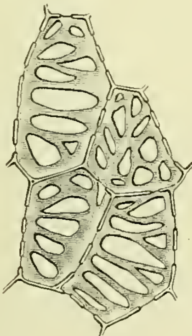
Fig. 144.



Querschnitt durch die Randpartie des Samens von *Melanosinapis nigra*. *cut* Cuticula, *sch (Ia)* Schleimschicht, *m (Ib)* Mittelschicht, *sc (II)* Sclereïdenschicht, *p (III)* Pigmentschicht, *k (IV)* „Kleber"- (Oel) Schicht, *c* Nährgewebe (collabirt), *cot* Cotyledonargewebe mit Aleuron erfüllt (Tschirch).

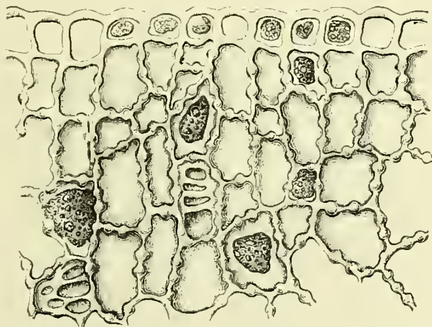
Netz- und leistenförmige Verdickungen sind bei zahlreichen Zellen zu beobachten, so z. B. in den Zellen der mittleren Fruchtschale des Fenchel (Fig. 145), den die Bündel begleitenden Parenchymzellen in *Rhiz. veratri*, den Zellen des Transfusionsgewebes der Coniferenblätter (Fig. 150),

Fig. 145.



Zellen aus der Fruchtschale des *Fenchel* mit Netzleistenverdickungen (Tschirch).

Fig. 146.



Querschnitt durch die Randpartie des Kaffee-endosperms, die Zellen mit Leistenverdickungen (J. Möller).

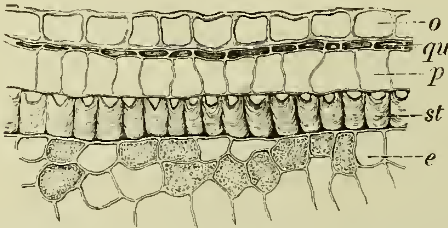
den Parenchymzellen (Spiralfaserzellen) der brasilianischen *Vanille* [1]), den Endospermzellen des Kaffee (Fig. 146), den Zellen der Orchideenwurzelhülle; auch das Gewebe der Antherenwandungen ist durch Netzleisten-

[1]) Berg, Atlas, Taf. 44, 116 H.

verdickungen ausgezeichnet (Fig. 148). Dieselben sind geradezu für die Antherenwandungen charakteristisch (Hofmeister, Leclerc du Sablon). Auch die Wandung der Haare ist bisweilen eigenartig leistenförmig verdickt (Fig. 141).

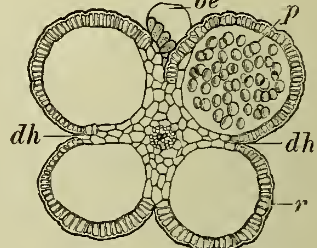
Ganz besonders häufig und in grosser Mannigfaltigkeit sind locale Verdickungen bei dem trachealen Systeme (s. Leitungsgewebesystem), besonders den Gefässen, zu beobachten, wo dieselben bald die Form von Ringen (Ringgefäss: *Conium*stengel, *Mais*stengel) bald die von Spiralen (Spiralgefäss: *Conium*stengel, *Bulb. scillae* (Fig. 27), *Fruct. papaveris* (Fig. 152), Corolle der *Kamille*) oder Netzleisten (Netzgefäss: *Rad. tarax.*, *helenii* (Fig. 151), *levistic.*), beziehungsweise leitersprossenartigen Verdickungen (leiter- oder leistenförmig verdicktes Gefäss: *Rad. althaeae*, *Rad. sarsapar.*) annehmen. Die Spiralen sind meist rechtsläufig

Fig. 147.



Querschnitt durch den Samen der *Malabar*-Cardamomen. *o* Schlauchzellen, *qu* Querzellen, *p* ölführendes Parenchym, *st* Palissadenzellen, innen und an den Seiten verdickt, *e* Perisperm. Vergr. 160 (Möller).

Fig. 148.

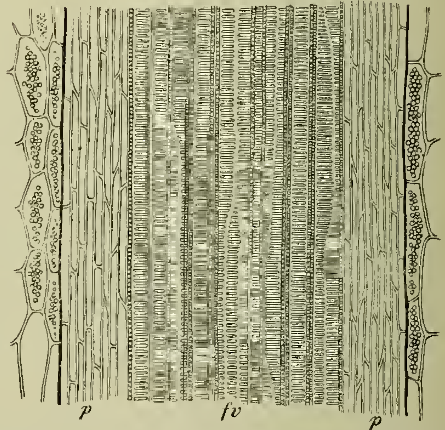


Anthere von *Cannabis sativa* im Querschnitt, die Zellen der Antherenwand mit Netzverdickungen. *dh* Dehiscenzstelle, *p* Pollenkörner (Tschirch).

(Mohl). Auch die Tracheïden zeigen bisweilen die gleichen Verdicknngsformen wie die Gefässe. So finden sich Ringleistentracheïden in der *Conium*frucht, Gefässtracheïden in den Bündeln von *Rhiz. filicis* (Fig. 149) u. and. m.

Der Querschnitt dieser Verdickungen ist ein verschiedener. Entweder gehen sie ganz allmälig in die unverdickten Partien über (Kaffeeendosperm Fig. 146) oder sie haben einen quadratischen, beziehungsweise rechteckigen Querschnitt, liegen also unvermittelt neben den unverdickten Partien (Gefässe von *Cucurbita Pepo*, zahlreiche Ringgefässe) oder aber sie nehmen nach dem Lumen hin an Breite zu, sind also an der Membranseite schmäler und wölben sich mehr oder weniger über die verdünnte Partie hinüber (zahlreiche Gefässe, besonders leiter- und netzigverdickte, Fig. 151, 163).

Fig. 149.



Längsschnitt durch ein Gefässbündel der *Rhizoma filicis* mit gefässartigen, treppenförmig verdickten Tracheïden *(fv)*. *p* Siebtheil (Berg).

Diesen sehr häufigen Vorkommnissen gegenüber sind in das Lumen frei hereinragende Cellulosebalken verhältnissmässig selten [1]) und im Kreise der uns hier interessirenden Pflanzen nur bei *Pinus*-Arten in den an den Markstrahlen grenzenden Quer-Tracheïden (P. Schulz) und auch anderen (Kny) gefunden worden.

Auch die Kristalle einschliessenden Cellulosebalken, Zapfen und Taschen gehören hierher (vergl. oben Fig. 114, 115).

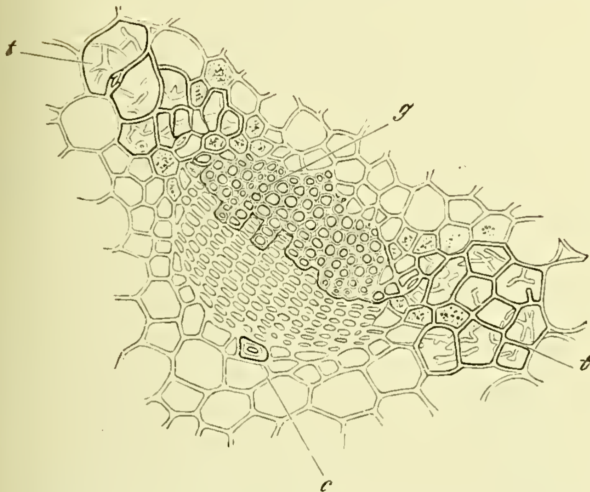
---

[1]) Vergl. die Zusammenstellung bei Zimmermann, a. a. O. S. 139 u. f.

3. Tüpfelung und Durchbrechungen.

Ist der überwiegende Theil der Membran verdickt und nur ein verhältnissmässig kleiner unverdickt geblieben, so nennt man letzteren Tüpfel.[1]) Ein Tüpfel ist also eine kleine, unverdickt gebliebene Stelle in einer sonst verdickten Membran. Sehr bemerkenswerth erscheint es, dass die Tüpfel zweier benachbarter Zellen miteinander zu correspondiren pflegen, so dass sie mehr oder weniger lange, an der Berührungsstelle der Zellen aufeinander treffende Canäle bilden. Trotzdem bilden sie natürlich keine offene Communication, sondern sind durch die zarte primäre Membran, die der Verdickung nicht gefolgt ist, geschlossen. Diese Membran nennt man die Tüpfelschliesshaut.

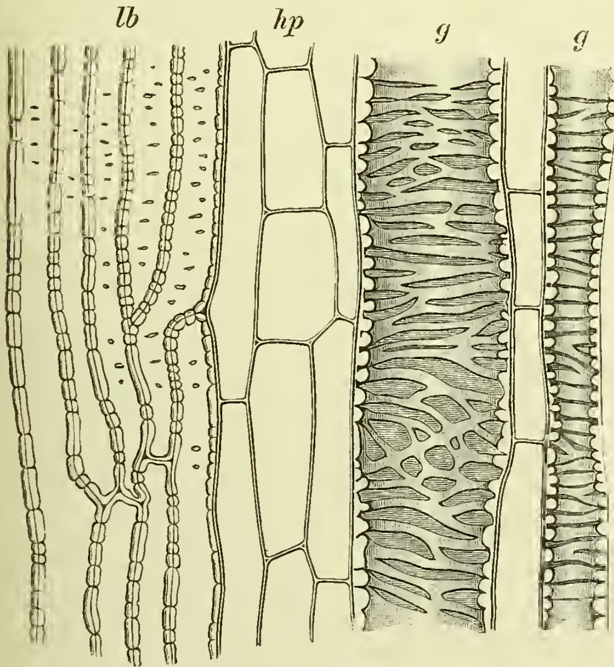
Fig. 150.



Medianes Gefässbündel des Blattes von *Juniperus communis*. *g* Gefässtheil, *c* Bastzelle, *t* Transfusionsgewebe, bestehend aus behöften Tracheïden mit Querbalken (de Bary).

Da die Tüpfel den Gas- und Saftaustausch von Zelle zu Zelle vermitteln, so haben sie natürlich nur dort einen Sinn, wo die Membran der einen Zelle an die einer anderen angrenzt. In der That finden sich, wenn man wenige Fälle ausnimmt, Tüpfel nur zwischen Zelle und Zelle. Bei *Larix* und

Fig. 151.



Längsschnitt durch den Gefässtheil des Rhizoms von *Inula Helenium (Rad. helenii)*. *g* Gefässe mit Leiter- und Netzleistenverdickungen, *hp* Holzparenchym, *lb* Libriform mit Spaltentüpfeln (Tschirch).

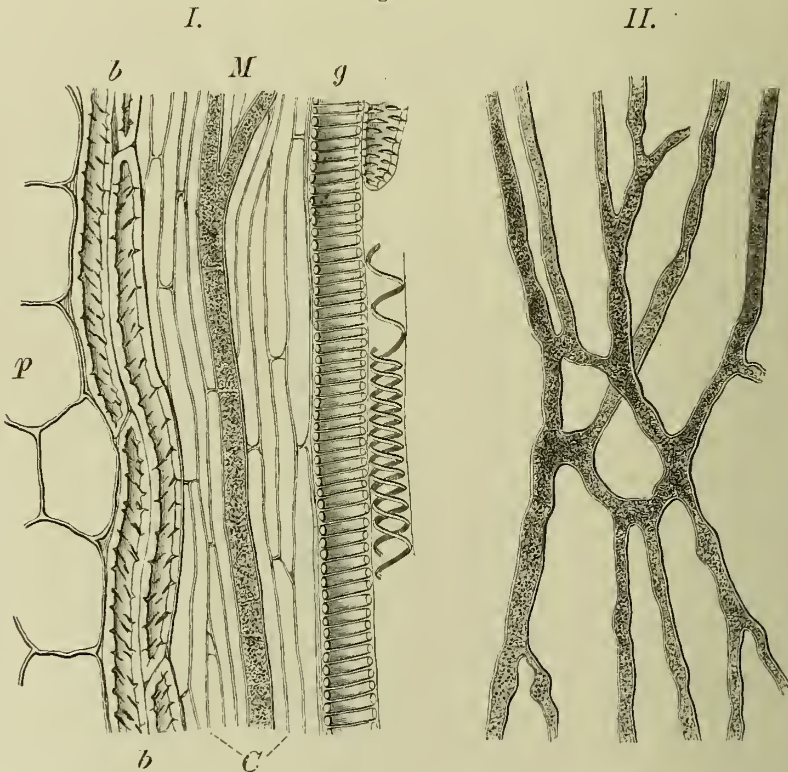
[1]) Ueber Bau und Entwicklung der Tüpfel verdanken wir besonders Russow (Ueber Tüpfelbildung etc. Sitzungsber. d. naturforsch. Ges. in Dorpat. Bd. VI, S. 350; Entwicklung des Hoftüpfels. Ebenda. Bd. VI, S. 109; Zur Kenntniss des Holzes. Ebenda. Bd. XIII, S. 29), Strasburger (Bau u. Wachsthum der Zellhäute. Jena 1882), Nägeli (Innerer Bau der Zellmembran. (Mittheil. d. Münchener Akad. 1864), Sanio (Pringsh. Jahrb. 1873, IX), Hofmeister, Hartig (Bot. Zeit. 1863) u. a. Aufschlüsse.

Quercus münden jedoch einige Tüpfel der Markstrahlzellen in die radial den Holzkörper durchsetzenden Intercellularen (RUSSOW).

Die Tüpfel sind entweder einfache oder behöfte.

Die einfachen Tüpfel sind entweder rund oder spaltenförmig. Die runden Tüpfel besitzen entweder einen kreisrunden Querschnitt oder sind mehr oder weniger oval (Grundparenchym von *Rhiz. iridis* [Fig. 154], Markzellen der *Sarsaparilla*, *Sambucus* und zahlreicher anderer Pflanzen, Cotyledonarzellen [Fig. 155 *p*], Markstrahlzellen [Fig. 155 *m*], Sclereïden). Die längere Achse der Ellipse ist alsdann transversal (oder longitudinal), niemals schief gestellt. Die Tüpfel besitzen meist einen radialen Verlauf und pflegen bei dickeren Zellen die Schichten der Membran rechtwinklig zu schneiden (SCHWENDENER). Ist die Zelle sehr stark verdickt, so sind

Fig. 152.



Fructus Papaveris (Papaver somniferum). I. Theil eines Gefässbündels im Längsschnitt. *g* Spiralgefässe, *M* Milchröhre, *b* Bastzellen mit Spaltentüpfeln, *p* Parenchym. *II.* Verzweigte isolirte Milchröhre (Vogl).

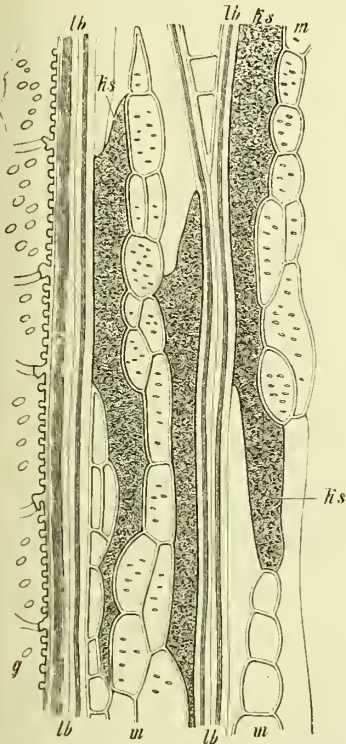
die Tüpfelcanäle oftmals reich verzweigt, so besonders bei den sogenannten Sclereïden oder Steinzellen (in der Fruchtschale des *Piment* [Fig. 165], der *Cubebe,* den Concretionen der *Birnen,* der *Cort. cinnamomi).*

Bisweilen verlaufen die Tüpfelcanäle gewunden, oder bilden sogar ein krauses Durcheinander, so z. B. bei den Sclereïden der Fruchtschale des *Hanf* (Fig. 157).

Rundliche Tüpfel finden sich besonders an parenchymatischen Zellen, sowohl im Mark *(Sarsaparilla*-Wurzel), als dem Holzparenchym, den Markstrahlzellen u. and. parenchymatischen Elementen. Sie sind ausserordentlich verbreitet und in Form und Grösse, besonders letzterer, sehr variirend. Selbst bei den höheren Algen finden sie sich schon *(Laminaria, Carageen).*

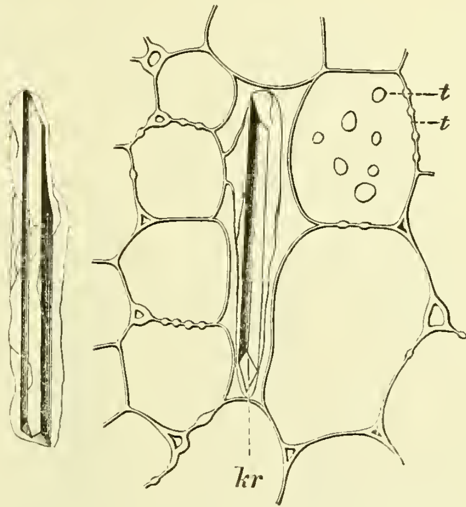
Die spaltenförmigen Tüpfel stehen in der überwiegenden Zahl der Fälle schief oder vertical und sind für die Elemente des mechanischen Systems (s. dieses), besonders für die Bastzellen und das Libriform, charakteristisch. Auch Collenchymzellen zeigen bisweilen spaltenförmige Tüpfel,

Fig. 153.



Tangentialer Längsschnitt durch das secundäre Holz der *Jurubebawurzel.* *m* Markstrahl, die Zellen mit ovalen Tüpfeln, *g* Gefäss. *ks* Kristallschläuche, *lb* Libriform (Tschirch).

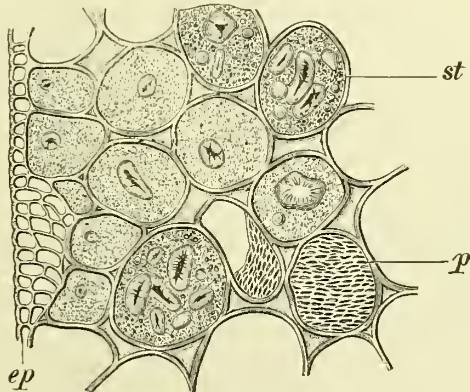
Fig. 154.



Gewebe aus dem *Irisrhizom* mit rundlichen Tüpfeln *(t)*. *kr* Kristallzelle (Tschirch).

doch stehen dieselben meist nicht schief, sondern longitudinal. Bei Bastzellen und Libriform, die durch die Form der Tüpfel leicht von benachbarten Elementen des trachealen Systems unterschieden werden können, sind die Tüpfel, wenn man einige wenige (besonders in den hygroskopischen Organen der Früchte beobachtete) Fälle ausnimmt, in oft sehr steiler linksschiefer Spirale (Bastzellen von *Cort. Chinae, Rhiz. zingiberis, Cocosfruchtschale*, Libriform (Fig. 158) von *Rad. senegae, Rhiz. enulae)* oder seltener in verticalen Reihen *(Lign. guajac.)* angeordnet, so dass sich die Tüpfel benachbarter Zellen kreuzen (gekreuzte Tüpfel). Letzteres ist sehr schön bei den Bastzellen der *Cardamomen*-Fruchtschale und den nur auf den Radialwänden getüpfelten Libriformzellen der *Surinamquassia* zu beobachten. [1]) Sehr lang gestreckte Spaltentüpfel finden sich in den Zellen der Caruncula

Fig. 155.



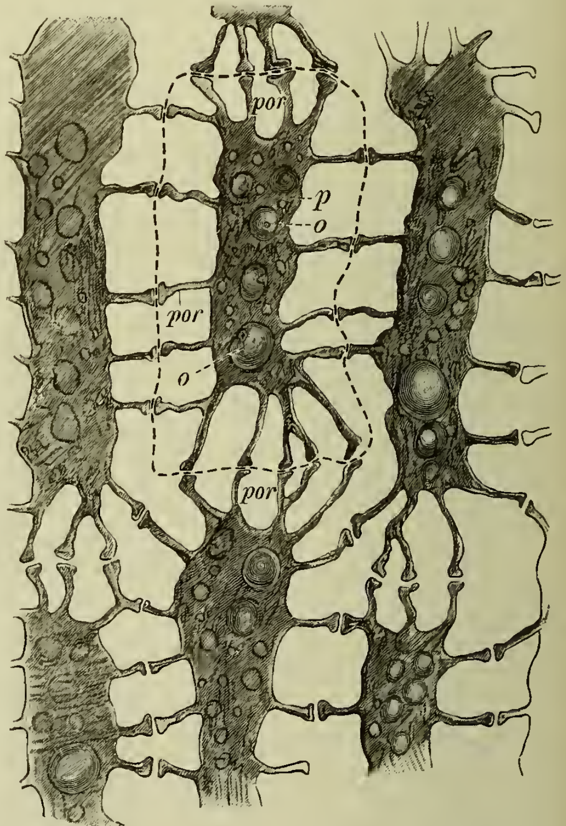
Aus dem Keimblatte der *Erbse*. *ep* die Oberhaut, *st* mit Stärke und Eiweiss erfüllte Zellen, *p* Zellwand mit länglich-ovalen Tüpfeln. Vergr. 160 (Möller).

[1]) Vergl. auch die Abbildung 51 in de Bary's Anatomie.

des *Ricinus*samens. Auch zahlreiche Ersatzfasern *(Rad. gentian.)* zeigen linksschiefe Tüpfel.

Die Hoftüpfel (Fig. 159—163) sind dadurch ausgezeichnet, dass bei ihnen der Tüpfelraum stets gegen das Lumen der Zelle hin eine mehr oder weniger grosse Verengerung erfährt. Da die Tüpfel benachbarter Zellen mit einander correspondiren, so entsteht also ein linsenförmiger Raum (Tüpfelhof), der in der Mitte von der unverdickt gebliebenen Membran (Tüpfelschliesshaut) durchsetzt, also in zwei Hälften getheilt wird und nach dem Lumen der beiden benachbarten Zellen hin mit je einer Oeffnung mündet (Fig. 161). Die durch Gentianaviolett deutlich zu machende (ZIMMERMANN) Tüpfelschliesshaut (Fig. 160—162) bleibt im lebensthätigen Holz (Splint) oft frei ausgespannt, im Kernholz legt sie sich jedoch stets der einen Seite der Hofwandung an oder wird resorbirt. Sie besitzt in ihrer Mitte meist eine verdickte Partie [Torus (Fig. 160—162), RUSSOW].

Fig. 156.



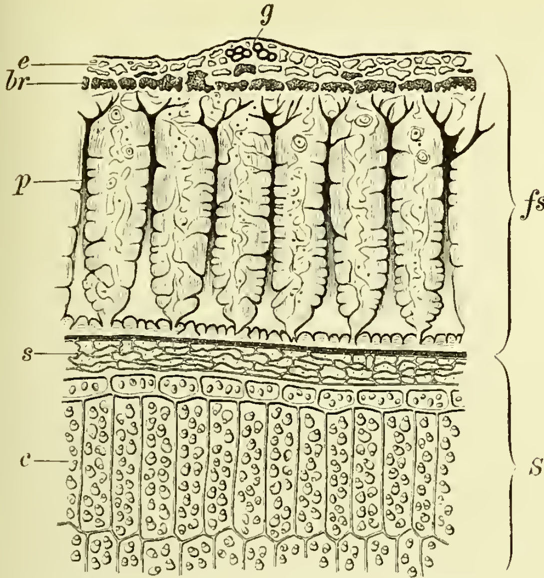
Zellen aus dem Endosperm des Samens von *Phytelephas macrocarpa* (vegetabil. Elfenbein). *por* Tüpfel, dieselben verbreitern sich an der Mittellamelle fussförmig. Der Inhalt durch Erwärmen mit Wasser zerstört, *o* Fetttropfen, *p* Plasma. Die punktirte Linie gibt den Umfang einer Zelle an. (Tschirch).

„Der Bildung der Hofwände geht die Entstehung eines ausgedehnten „Primordialtüpfels" (Fig. 162) voraus, in dessen Mitte zunächst der Torus als kreisrunde, verdickte Stelle gebildet wird. Gleichzeitig wölbt sich die Schliesshaut des Primordialtüpfels einseitig vor und zeigt nach RUSSOW auf Querschnitten eine zetaförmige Krümmung. Sehr bald wird nun dem Primordialtüpfel beiderseits die Hofwand aufgesetzt. Sie erscheint auf dem radialen Längsschnitt zunächst als ein scharf conturirter, schmaler Ring, welcher sich rasch verbreitert. Dieser, die Hofwand bildende Ring wächst schräg gegen das Zellinnere zu, bis sich die Oeffnung, der Tüpfelcanal, so weit verengert hat, dass ihre Ränder in der Horizontalprojection den Torus erreichen. Damit ist dann die Bildung des Hoftüpfels im Wesentlichen vollendet" (SANIO, RUSSOW, MIKOSCH, STRASBURGER).

Die Flächenansicht des Tüpfelhofes ist entweder rund *(Coniferen*-Tracheïden, Fig. 159) oder oval (zahlreiche Gefässe, z. B. in *Lign. guajac.* und Tracheïden: *Rad. ipecacuanhae*) oder rhombisch; letzteres besonders dann, wenn die Tüpfel dicht aneinander liegen, wie z. B. bei vielen der weiten Gefässe *(Rad. liquiritiae*, Fig. 163).

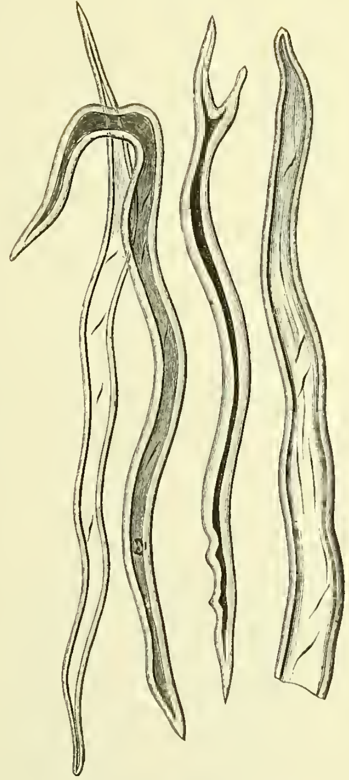
Die Flächenansicht des Ausmündungscanales ist entweder rund *(Coniferen*-Tracheïden) oder oval (zahlreiche Gefässe) oder spaltenförmig

Fig. 157.



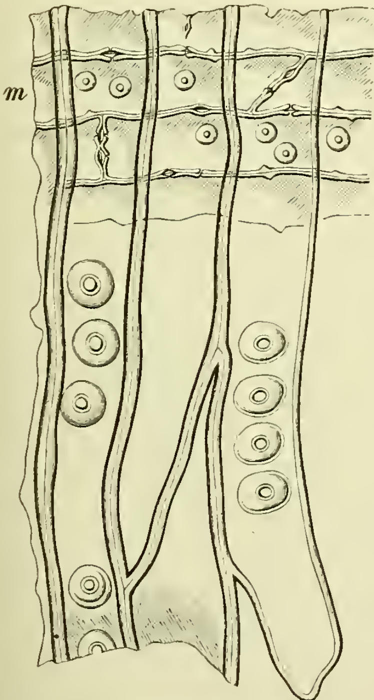
Querschnitt durch die Peripherie der Hanffrucht. *fs* Fruchtschale, *S* Same, *e* Epidermis, *br* subepidermale Zone mit *g* Gefässbündel, *p* Palissadensclerenchym mit verzweigten Tüpfeln, *s* Nährgewebe, *c* Gewebe der Cotyledonen. Vergr. 260 (Tschirch).

Fig. 158.



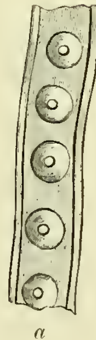
Libriformfasern.

Fig. 159.



Tracheïden des Fichtenholzes mit behöften Tüpfeln. *m* Markstrahl-Tracheïden.

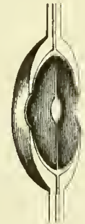
Fig. 160.





Hoftüpfel einer Nadelholz-Tracheïde mit rundem Tüpfelhof und rundem Ausmündungscanal, *a* Flächenansicht, *b* Durchschnitt.

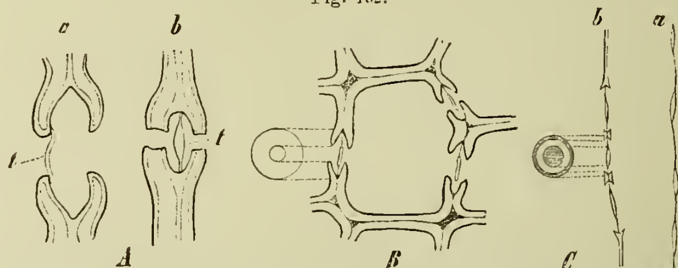
Fig. 161.



Schema eines behöften Tüpfels im Querschnitt, die Tüpfelschliesshaut (mit dem Torus) frei durch den Hof gespannt (Kerner).

(Gefässe von *Rad. liquiritiae* (Fig. 163), *Laurus Camphora)*. In letzterem Falle stehen die Spalten für gewöhnlich in, meist jedoch nicht steiler, linksschiefer Spirale (Fig. 163). Bisweilen münden mehrere Tüpfelhöfe in eine Ausgangsspalte (Gefässe von *Rad. ononidis*).

Fig. 162.



Bau und Entwicklung der Hoftüpfel von *Pinus silvestris*. *A* tangential durchschnittene Hoftüpfel, *a* aus lufttrockenem Sommerholz, *b* aus Herbstholz, *t* Torus (Vergr. 750); *B* Querschnitt durch eine Tracheïde, an der radialen Wand die Hoftüpfel (Vergr. 400); *C* Entwicklung der Hoftüpfel, Tangentialschnittsansichten, *a* Stadium der „Primordialtüpfel", *b* etwas älteres Stadium im Beginn der Hofbildung und der Verdickung des Torus (Vergr. 400).
(Nach Russow und Strasburger.)

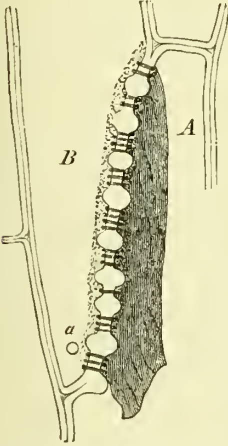
Fig. 163.

Längsschnitt durch den Holztheil eines Ausläufers von *Glycyrrhiza glabra (Rad. glycyrrhizae)*. *g* Gefässe mit Spaltentüpfeln, *hp* Holzparenchym, *b* Libriform (Tschirch).

Endlich gibt es auch einseitige Hoftüpfel, d. h. solche, bei denen nur auf der einen Seite durch Vorwölbung der secundären Membranverdickungsschichten ein Tüpfelhof ausgebildet ist, während auf der anderen ein

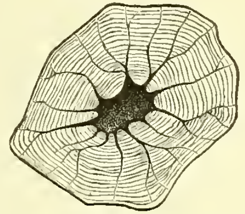
rundes Tüpfel gewöhnlicher Form liegt. Solche einseitige Hoftüpfel finden sich überall dort, wo Elemente des Speichersystems (Markstrahl-, beziehungsweise Holzparenchymzellen) mit denen des trachealen Systems (Gefässe und Tracheïden) in Berührung stehen. Sehr schön sind dieselben z. B. an der Grenze von Holz- und Markstrahlen der den Terpentin liefernden *Pinus maritima* und *Pinus silvestris* zu sehen (vergl. auch das Capitel Leitungssystem).

Fig. 164.



Siebplatte einer Siebröhre aus der Rinde von *Vitis vinifera* (Vergr. 600) (de Bary).

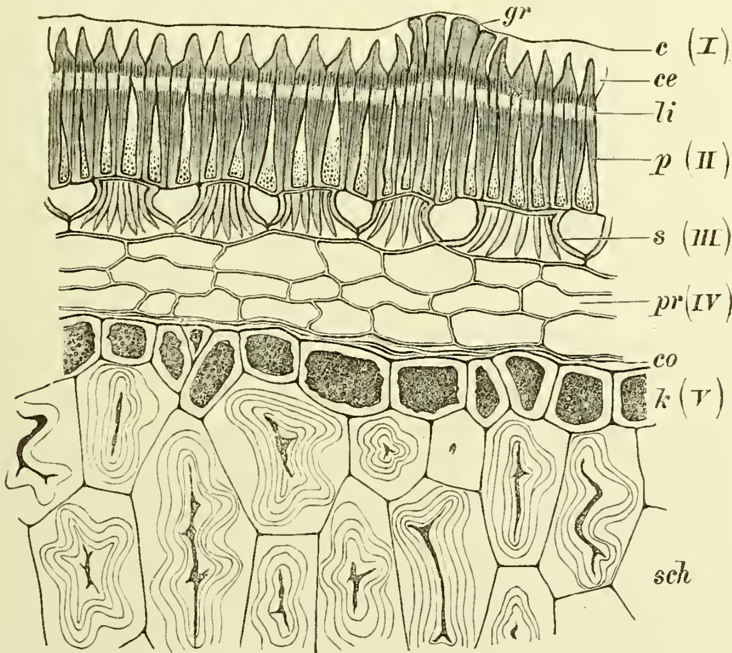
Fig. 165.



Sclereïde aus dem Piment mit schöner Schichtung und verzweigten Porencanälen (Tschirch).

Generell verschieden von den Tüpfeln sind die Durchbrechungen der Membran. Während jene stets durch die Tüpfelschliesshaut, die primäre Membran der Zelle, geschlossen sind, bilden diese offene Communicationswege von Zelle zu Zelle, sind also wirkliche Löcher. Die bekanntesten Membranporen, wie man diese Durchbrechungen im Gegensatz zu den Tüpfeln nennt, finden sich bei den Querwänden der Siebröhren, an der sogenannten Siebplatte. Neuerdings ist aber nachgewiesen worden, dass die offene Communication eine sehr verbreitete Erscheinung ist[1]) und

Fig. 166.

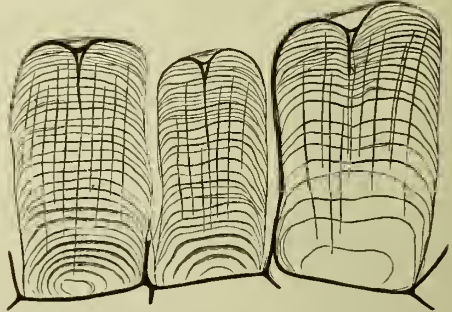


Querschnitt durch die Randpartie des Samens von *Trigonella Faenum graec.* *c* Cuticula, *p* Palissadenschicht mit Lichtlinie (*li*), *s* Trägerzellen, *pr* Parenchym, *k* Kleber-(Oel-)schicht, *sch* Schleimendosperm; die Zellen besitzen dicke geschichtete Schleimmembranen (Tschirch).

[1]) Vergl. Tangl, Ueber offene Communicationen etc. Pringsheim's Jahrb. XII, S. 170. — Gardiner, On the continuity of the protoplasm. Arbeit. bot. Inst. Würzburg, III, S. 52. — Russow, Ueber Perforation der Zellwand. Sitzungsber. d. naturf. Ges. Dorpat. Bd. VI. — Strasburger, Moore, Fischer, Terletzki u. A.

vielleicht den meisten lebenden, d. h. plasmaführenden Zellen zukommt. Am grössten sind die Perforationen bei den Siebplatten, wo sie schon bei mässiger Vergrösserung deutlich als Löcher erkannt werden können *(Maisstengel, Cort. granati, Cort. quajaci).* Sehr viel feiner schon sind die Poren bei den Endospermzellen. Doch kann man sie z. B. bei den Samen von *Strychnos nux vomica* bei Anwendung von Chlorzinkjod, ja sogar ohne dieses (Moore), unschwer auffinden. Nur die mittleren verlaufen hier, wie überhaupt bei den meisten derartigen offenen Communicationen, gerade, die seitlichen sind bogenförmig gekrümmt. Nur unter Anwendung von Reagentien und Färbemitteln und sehr starken Vergrösserungen sind die Durchbrechungen in den übrigen Fällen, z. B. in der Rinde von *Rhamnus frangula,* den Zellen der Fruchtschale der unreifen *Pomeranzen* u. a. zu erkennen. Man erkennt sie hier überhaupt nur daran, dass das sie erfüllende Plasma sich anders mit Farbstoffen tingirt, als die Membran. Immer erscheinen sie als feine Fäden. Besitzt die betreffende Zelle Tüpfel, so sind die Durchbrechungen auf die Tüpfelhaut beschränkt *(Rhamnus frangula, Citrus vulgaris).*

Fig. 167.



Zellen der Schleimepidermis der Samen von *Sinapis alba* im Querschnitt, durch Wasser aufgequollen und z. Th. zersprengt. Schichtung und Streifung deutlich (Tschirch).

Auch bei den *Fucaceen* und *Florideen* finden sich solche offene Communicationen, theils in Form wirklicher Siebhyphen, theils an gewöhnlichen Thalluszellen *(Carageen,* Randschicht).

Nur die grösseren Durchbrechungsstellen (z. B. bei den Siebplatten der Siebröhren) dienen zur Leitung[1]) der Stoffe, die übrigen sind so fein, dass ein Druck von Hunderten von Atmosphären nöthig wäre, um Stoffe hindurch zu pressen.

4. Die Structur der Membran.

Eine Structur wird an der Membran erst sichtbar, wenn letztere eine gewisse Dicke erreicht hat und auch dann noch nicht immer ohne Weiteres. So zeigen z. B. viele Collenchymverdickungen gar keine unmittelbar erkennbare Differenzirung.

Die Structur erscheint entweder als Schichtung oder als Streifung.

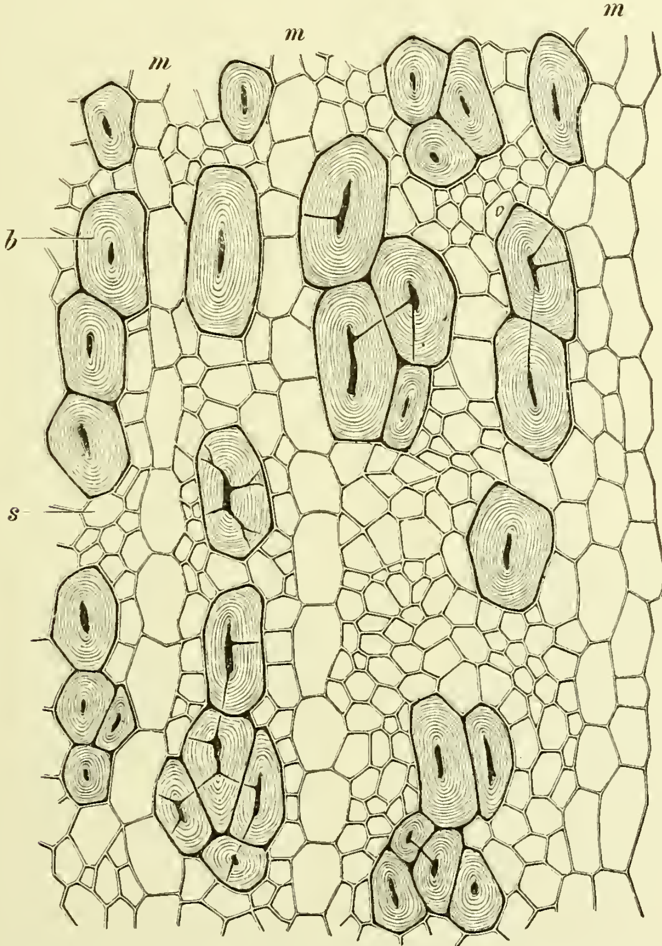
Die Schichtung beruht hier, wie bei den Stärkekörnern, auf einem differenten Lichtbrechungsvermögen der einzelnen Membranlamellen und dieses wieder auf einer ungleichen Quellungsfähigkeit, beziehungsweise ungleichem Wassergehalt derselben, in einigen Fällen auch auf einem verschiedenen chemischen Verhalten. Bei Wasserentziehung, z. B. durch Austrocknen oder Einlegen in Alkohol, wird die Schichtung daher undeutlich, bei Wasserzufuhr, z. B. durch Zusatz von wenig Kali oder concentrirten Säuren deutlicher. Bei den Schleimmembranen ist jedoch bisweilen das Umgekehrte der Fall (s. d.). Die Schichten verlaufen bei allseitig gleich dicken Membranen concentrisch um das Lumen, also parallel der Oberfläche, bei einseitig verdickten Membranen excentrisch. Die Zahl der Schichten ist eine sehr verschiedene.

---

[1]) Doch erscheint es mir selbst bei diesen fraglich, ob sie wirklich Plasma leiten.

Sehr schöne Schichtung findet man bei den Schleimmembranen (Epidermis von *Sem. Sinapis alb.* (Fig. 167), Endosperm von *Sem. faenugraeci* (Fig. 166), Hypoderm der *Buccublätter, Rad. althaeae*), besonders in den inneren Schichten, an den Sclereïden oder Steinzellen (z. B. bei der *Benzoë* -Rinde, dem *Piment* (Fig. 165), dem *Pfeffer* (Fig. 55), dem *Zimmet* der *Condurango*-Rinde, den Endocarp-Sclereïden der *Fruct. anisi stellat.* und den Bastzellen [*Benzoë*-Rinde, *Cort. granati*, *China*-Rinde (Fig. 168, 169)],

Fig. 168.



Querschnitt durch den inneren Theil der secundären Rinde der javanischen Cultur-China von *Cinchona Calisaya Ledgeriana.* Dicke des Rindenmusters 3·5 Mm. *b* schön geschichtete Bastzellen, *m* Rindenstrahl, *s* Siebelemente und Parenchym. Vergr. 145 (Tschirch).

aber auch Milchröhren (*Condurango*-Rinde) und andere Zellen (Epidermisaussenwand der *Fruct. caps. annui,* der *Macis*) zeigen bisweilen eine Schichtung der Wand. An Pilzmembranen ist sie nur bei einigen dickeren zu beobachten (de Bary).

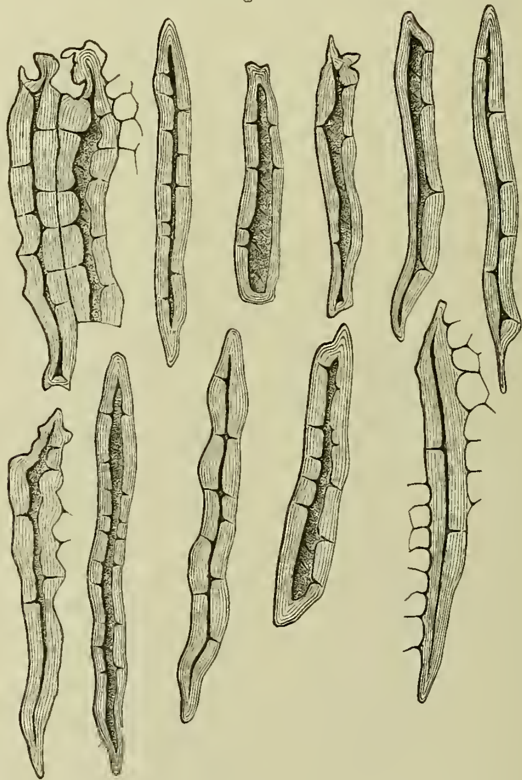
Ob die Schichten stets einem Aufbau aus concentrisch in einander geschachtelten Schalen entsprechen oder bisweilen auch durch schraubenförmig gewundene Schalen gebildet werden, bleibt im Einzelnen noch zu untersuchen.[1]) Meist dürfte das erstere der Fall sein.

[1]) Vergl. Hofmeister, Verhandl. d. sächs. Ges. d. Wissensch. 1858, X, S. 32 und Lehre von der Pflanzenzelle, S. 197. — Nägeli, Bau der vegetabilischen Zellmembran. Münchener Akad. Sitzungsber. 1864, S. 145. — Wiggers-Husemann, Jahresbericht. 1856, S. 89. — Mohl, Bot. Zeit. 1858, S. 1. — Sachs, Lehrb. d. Bot. 1874, S. 29.

Die S t r e i f u n g ist eine bei den Zellmembranen sehr viel seltener zu beobachtende Erscheinung. Sie ist durchaus nicht auf die dickwandigen Zellen beschränkt, obwohl sie in ganz dünnwandigen nicht beobachtet wurde. Sehr schöne Streifung zeigen die Bastzellen im Stengel der *Vinca*-Arten *(Immergrün)*, die Tracheïden zahlreicher *Coniferen* (z. B. der den Terpentin liefernden *Pinus maritima)*, die Markzellen der Knollen unserer *Georgine (Dahlia variabilis)*.[1]) Bei den Ersatzfasern in der *Angelica*-Wurzel (Fig. 170) und den Phloëmparenchymzellen der *Senegawurzel* ist sie sehr viel weniger deutlich. Sie ist natürlich nur auf Längsschnitten zu sehen.

Die Streifensysteme, es sind deren stets mehrere, pflegen in steilen Spiralen zu verlaufen und sich zu schneiden (Fig. 170); bei den *Pinus*tracheïden

Fig. 169.



Durch S c h u l z e' sche Maceration isolirte Bastzellen mit deutlicher Schichtung aus *Java-Calisaya-China*. Vergr. 55 (T s c h i r c h).

schneiden sie sich rechtwinklig. Sie gehören verschiedenen Schichten der Membran an (DIPPEL, STRASBURGER); so z. B. bei *Angelica* und *Pinus maritima*, das in rechtsläufiger Spirale verlaufende System der äusseren, das in linksläufiger Spirale verlaufende der inneren Schicht. Die Streifung scheint nicht durch Streifen verschiedenen Wassergehaltes, sondern durch feine, spiralige Verdickungen hervorgebracht zu werden. Die als Linie erscheinenden Streifen entsprechen den unverdickten Partien.

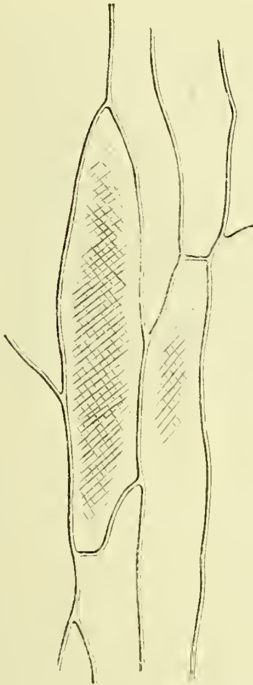
Die Streifung, die die C u t i c u l a besonders bei Laubblättern *(Conium* (Fig. 172), *Jaborandi)*, Kelchblättern (Fig. 171) und Blumenblättern *(Flor. chamomillae)*, aber auch bei Früchten und Samen *(Fruct. anisi stellati*, *Fruct. conii)* zeigt (siehe hinten Cuticula und Epidermis), beruht auf einer F a l t u n g der Cuticula.

[1]) Vergleiche die Abbildung in SACHS' Lehrbuch, Fig. 30. — MOHL, Vegetabil. Zelle, Fig. 27.

III. Optisches Verhalten der Zellmembran.

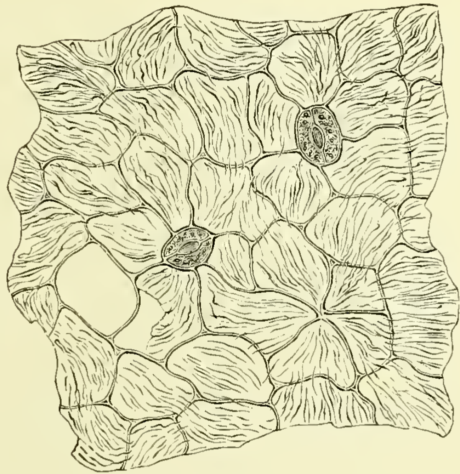
Das Brechungsvermögen der Membran ist quantitativ noch wenig untersucht. Nach dem äusseren Anschein und der verschiedenen Art, wie sich Membranen differenten chemischen Charakters (Cellulose, verholzte, verkorkte Membran) gegen einander und gegen Wasser abheben, folgt, dass sie ein verschiedenes Brechungsvermögen besitzen. Da besonders Cellulosemembranen in Canadabalsam nahezu verschwinden (sehr schön z. B. bei *Rad. angelicae* zu beobachten), so muss deren Brechungsindex dem des Canadabalsams nahestehen, also etwa 1·54 betragen.

Fig. 170.



Ersatzfasern aus der *Rad. angelicae* im Längsschnitt, mit deutlicher Streifung der Membran (Tschirch).

Fig. 171.



Oberhaut des Kapernkelches mit streifiger Cuticula.

Fig. 172.



Fol. conii (Conium maculatum). Flächenschnitt durch die Blattepidermis der Blattunterseite mit den Spaltöffnungen *(st)*, die Cuticula fein gestreift (Vogl).

Bemerkenswerth ist auch das Verhalten der Membranen im polarisirten Lichte.

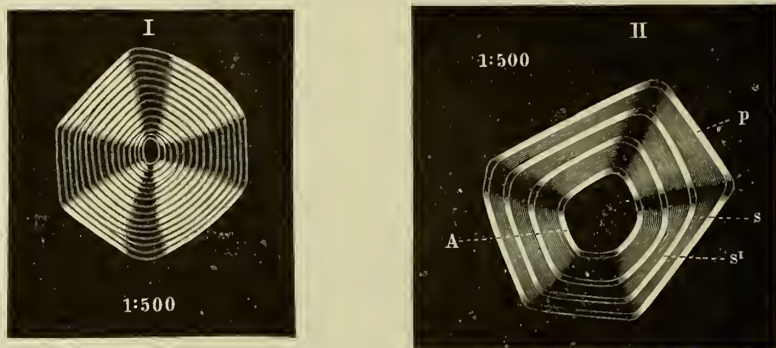
Nach den vorliegenden Untersuchungen zeigen alle, auch die jugendlichen Zellmembranen[1]) optische Anisotropie (Doppelbrechung) und scheint eine Beziehung zwischen den optischen Elasticitätsachsen und der Quellungsrichtung der verschiedenen Membranen zu bestehen.

---

[1]) Vergleiche Zimmermann Pflanzenzelle, S. 182, wo auch die Literatur des Gegenstandes aufgeführt ist.

Sehr schön kann man sich von der Doppelbrechung der Membranen an dickeren Zellen überzeugen. Besonders die Bastzellen, z. B. die der *Chinarinden,* sind hierzu sehr geeignet. Ein Querschnitt durch eine Chinabastfaser zeigt stets bei gekreuzten Nicols auf hell glänzendem Grunde vier dunkle Kreuzarme (Fig. 173).

Fig. 173.



Dünne Schnitte durch Bastzellen, im polarisirten Lichte Doppelbrechung zeigend (Dippel). p, s, s^1 Schichten von verschiedener Dichtigkeit.

Der Grund der Doppelbrechung ist, wie es scheint, nicht in der Kristallnatur der die Membran bildenden Micellen (Nägeli), sondern in der Anordnung der Micellen (s. oben, S. 152) zu suchen.

IV. *Chemismus der Zellmembran.*[1])

Wie schon Eingangs dieses Capitels (S. 150) auseinandergesetzt wurde, entsteht die Membran unter Betheiligung des Plasmaleibes der Zelle. Sie enthält daher stets mehr oder weniger stickstoffhaltige Substanzen. Welcher Art die letzteren sind, bleibt freilich noch näher zu untersuchen. Jedenfalls besteht die Hauptmasse der jungen Membran aus Cellulose. Auch die Membranen älterer Zellen bestehen oftmals aus Cellulose, doch tritt bei diesen noch häufiger eine nachträgliche chemische Veränderung ein, welche zur Entstehung mehrerer Modificationen führt, die wir als die verholzte, die verkorkte und die verschleimte Membran und die Pilzcellulose unterscheiden.

I. Die Cellulosemembran.

Die Cellulose (Holzfaser, Pflanzenzellstoff) ist ein synthetisch noch nicht dargestelltes, ausschliesslich pflanzliches Product[2]), aus welchem die Zellhäute entweder nahezu vollständig (Cellulosemembran) oder theilweise (verholzte und verkorkte Membran, Pilzcellulose) bestehen. Hierin — das Material für das „Gerüste" der Pflanze zu liefern — liegt die eigentliche Bedeutung der Cellulose für die Pflanze; die Fälle, wo Cellulose als

[1]) Vergl. Fremy's zahlreiche Mittheilungen in Compt. rend. 1859 u. Journ. d. Pharm. et Chim., t. 36, Kabsch, Unters. über die chem. Beschaffenheit der Pflanzengewebe, Pringsheim's Jahrb. 3 (1863), Cross and Bewan, Chem. News 1882, Webster, ebenda 1882 u. die später citirten Arbeiten. Die Literatur recht vollständig in Behrens' Hilfsbuch.

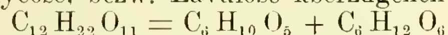
[2]) Trotzdem reine Cellulose im Thierreich nicht vorzukommen scheint, ist doch ein damit sehr nahe verwandter oder isomerer (de Luca) Körper neuerdings auch bei Thieren gefunden worden (Rouget). Da es gelang, aus dieser thierischen Cellulose, dem Tunicin, einen Körper darzustellen, der mit Glucose identisch zu sein scheint, so halten Schäfer, Berthellot und Franchimont die Cellulose der Thiere nicht für wesentlich verschieden von der der Pflanzen. Jedenfalls geben thierische Membranen nicht die unten zu beschreibenden Reactionen.

Reservestoff auftritt, wie z. B. in den Palmensamen (*Dattel, Phytelephas macrocarpa*), in den Brechnüssen u. a., stehen verhältnissmässig vereinzelt da. Diese letztere Form der Cellulose, die ich unter dem Namen „Reservecellulose" noch bei Behandlung der Reservebehälter zu betrachten haben werde, wird beim Keimungsprocesse aufgelöst. Die Cellulose des Zellgerüstes der Pflanze bleibt auch beim Absterben des betreffenden Pflanzentheiles (z. B. bei den im Herbst abfallenden Blättern) unverändert und wird nicht resorbirt.

Die Cellulose der *Phanerogamen* und der *Cryptogamen* ist die gleiche.

Das Material, aus dem die Pflanze, bezw. das Protoplasma der einzelnen Zelle, die Cellulosemembran bildet, sind die in jenem gelösten Kohlehydrate (Zucker) oder das Fett, — die sogenannten Zellstoffbildner (s. S. 34).[1]) Bei der Zelltheilung treten an der Stelle, wo die neue Membran entsteht, vorübergehend kleine Stärkekörner auf.

Durin hat gezeigt, dass Rohrzucker im Stande ist, durch Fermente in Cellulose und Glycose, bezw. Lävulose überzugehen (Cellulosegährung):



$$C_{12}H_{22}O_{11} = C_6H_{10}O_5 + C_6H_{12}O_6$$

Rohrzucker Cellulose Lävulose,

und zwar besonders im Licht und bei Gegenwart von Calkcarbonat. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass dieser oder ein ähnlicher Process der Cellulosebildung in der Pflanze zu Grunde liegt.

Trotz ihrer grossen Verbreitung durch das ganze Pflanzenreich ist völlig reine Cellulose niemals anzutreffen. Selbst die jüngsten, soeben erst von dem Plasmaleibe abgeschiedenen Zellhäute, ja diese sogar in einem noch höheren Grade als die älteren (Wiesner), sind durch Infiltration organischer und anorganischer Substanzen veränderte Cellulose. Doch ist Menge und Art der eingelagerten Substanzen bei jungen Membranen und auch bei zahlreichen älteren nicht derart, dass die Cellulosereactionen (s. unten) dadurch alterirt werden. Aus solcher nahezu reinen Cellulose bestehen alle jugendlichen Zellmembranen, das Cambium, wie überhaupt alle Meristeme (Scheitelpartien in Stamm und Wurzel), ferner die Membranen der Siebelemente (Siebröhren, Cambiform), des Blattgewebes (Palissaden und Merenchym), des Fruchtfleisches, der Samenhaare (der Baumwolle, der Haare von *Asclepias, Strophantus, Eriodendron, Salix*), des Collenchyms und vieler Parenchymzellen; ja sogar die Mehrzahl der Zellmembranen der Arillen (*Macis*) und des Samenkerns (Cotyledonen, Keimling, Endosperm, Perisperm) sind, obwohl sie oftmals eine sehr erhebliche Dicke und Festigkeit erreichen (*Phytelephas macrocarpa*, *Sagus amicarum*, *Strychnos nux vomica*, *Areca Catechu*), aus nahezu reiner Cellulose gebildet.

Mikroskopisch betrachtet, erscheinen die Cellulosemembranen heller und schwächer lichtbrechend als durch Einlagerungen veränderte. Besonders schön ist dies bei den dicken Membranen z. B. des *Macis*, des Collenchyms u. a. zu sehen. Sie sind auch weicher und leichter quellbar als diese, auch (allerdings freilich nur schwer) verdaulich.

Mikrochemisch wird die Cellulosemembran dadurch charakterisirt, dass sie sich leicht in concentrirter Schwefelsäure und in frisch bereitetem Schweizer'schen Reagens (Kupferoxydammoniak[2]) löst, und nach vorhergehender Behandlung mit Jodjodkalium durch concentrirte Schwefelsäure in eine blaue Gallerte übergeführt wird (Amyloïdreaction). Auch andere Säuren (besonders schön Phosphorsäure) vermögen die Schwefelsäure zu vertreten.

Ist in der Jodjodkaliumlösung in Folge langer Aufbewahrung

---

[1]) Sachs, Ueber die Stoffe, die das Material zum Wachsthum der Zellhäute liefern. Pringsheim's Jahrb. 3 (1863).

[2]) Zuerst beschrieben in der Vierteljahrsschr. d. naturf. Ges. in Zürich. II, 1857 und ebenda, III, 1858. Grimaux hält das Reagens, wenn durch Behandeln von Kupferdrehspähnen mit Ammoniak erhalten, für ammoniakalisches Kupfernitrit mit ammoniakalischem Kupferoxyd.

viel Jodwasserstoffsäure entstanden, so vermag auch eine solche Lösung unmittelbar die Bläuung hervorzurufen. Durch Chlorzinkjodlösung wird Cellulose unter Quellung roth- oder blauviolett gefärbt. Fehling'sche Lösung (nach Sach's Modification[1]) färbt junge Cellulose, nicht ältere, schwach bläulich. Farbstoffe (z. B. Anilinfarben, Carmin, Alcanna) werden von der Cellulosemembran gar nicht oder doch nur in geringer Menge aufgenommen; durch längeres Auswaschen oder Einlegen in Glycerin werden auch die geringen Färbungen meist wieder vollständig entfernt — sie sind also ohne Beize „echt" nicht zu färben, wovon man sich z. B. bei Baumwollenfäden leicht überzeugen kann. Beizt man die Membran zuvor (durch Alaun-, Eisen-, Chrom-, Zinnsalze) oder verwendet man Farbstofflösungen, denen Beizen zugesetzt sind (Grenacher's Alauncarmin), so färbt sich auch die Cellulose. Auch durch kurzes Eintauchen in Natronlauge, schnelles Waschen mit Wasser und verdünnter Schwefelsäure (Mercerisiren) wird Cellulose besser färbbar. In Kalihydrat quillt Cellulose stark, in den ersten Stadien der Quellung tritt hierbei die Schichtung der Membran deutlicher hervor.

Durch die oben charakterisirten mikrochemischen Reactionen lassen sich die reinen Cellulosemembranen leicht von den verholzten, verkorkten und verschleimten Membranen der Pflanzen und von der thierischen Faser (Seide, Wolle) unterscheiden. So werden beispielsweise verholzte und verkorkte Membranen, sowie Wolle, weder von Kupferoxydammon gelöst (Seide löst sich darin), noch (inclusive Seide) durch Jodschwefelsäure blau oder Chlorzinkjod violett gefärbt; alle vier nehmen dagegen Farben begierig auf. Dies ist von Wichtigkeit für die Praxis zur schnellen Unterscheidung dieser Fasern.[2])

Zur Darstellung reiner Cellulose kann man Baumwolle, Hollundermark, sowie das Mark von *Phytolacca dioica* oder *Aralia papyrifera* verwenden.[3])

Reine Cellulose hat ein specifisches Gewicht von 1·63 (Henze[4]) und entspricht der Formel $C_6 H_{10} O_5$ (Payen) oder $C_{12} H_{20} O_{10}$ (Mitscherlich, Gerhardt).

Mit stickstoffhaltigen Substanzen gemengt, macht todte und feuchte Cellulose, der Luft ausgesetzt (z. B. beim Faulen abgefallener Blätter [Waldstreu]), einen allmäligen Humificirungsprocess durch, der unter Austritt von Wasserstoff und Sauerstoff verläuft, also eine langsame Anreicherung von Kohlenstoff bewirkt. Es entstehen zunächst die sogenannten Humussubstanzen, und die Membranen des betreffenden Pflanzentheiles bräunen sich. Das Endproduct ist die Kohle, deren organische Structur an Dünnschnitten (Braunkohle) oder Dünnschliffen (Steinkohle) noch wohl zu erkennen ist, alle Membranen sind jedoch braunschwarz.

Durch concentrirte Schwefelsäure wird Cellulose, bevor sie sich löst, in Amyloïd, eine Substanz, die zwischen Cellulose und Stärke steht (s. S. 173) und sich mit Jod auch ohne Schwefelsäurezusatz bläut, übergeführt. Da das Pergamentpapier auf die Weise dargestellt wird, dass man Papier kurze Zeit in Schwefelsäure taucht und dann auswäscht, so besteht dasselbe vorwiegend aus Amyloïd und wird daher beim Benetzen mit Jodlösung oder Daraufstreuen von Jod an den betreffenden Stellen

---

[1]) Mikrochem. Reactionsmethoden. Sitzungsber. d. Wien. Akademie. 36, 1859.

[2]) Vergleiche auch meinen Aufsatz: Mikrochem. Methoden im Dienste der technischen Mikroskopie. Archiv der Pharm. 1882.

[3]) Vergleiche meine Monographie „Cellulose" in der „Real-Encyclopädie der ges. Pharm." Bd. II, S. 606.

[4]) Untersuchung über das spec. Gew. der verholzten Zellwand und der Cellulose. Dissertation. Göttingen 1883. — Frühere Bestimmungen des specifischen Gewichtes der Membranen von Sachs und Hartig hatten 1·56—1·57 ergeben.

blau. Sehr schön gelingt die Ueberführung in Amyloïd auch durch Phosphorsäure.

Es gibt aber auch Membranen, die sich unmittelbar mit Jod bläuen, ohne zuvor mit Säuren behandelt zu sein, die also aus Amyloïd bestehen. (S. unten „Amyloïd".)

Die quantitative Bestimmung der reinen Cellulose in einem Gemische kann bisweilen wünschenswerth sein. Die Methoden hier anzuführen, ist nicht der Ort[1]), nur soviel sei erwähnt, dass, um völlig reine, d. h. auch Lignin und Suberin freie Cellulose zu erhalten, es nothwendig ist, die Faser kurze Zeit mit Kalichlorat und Salpetersäure in der Kälte zu digeriren und dann die reine Cellulose zu invertiren.

Verzichtet man auf völlige Reinheit der gewonnenen Cellulose, so nennt man die Bestimmung „Rohfaserbestimmung". Die Rohfaser enthält meist noch etwas Lignin, Suberin, Intercellularsubstanz, Farbstoffe etc.

Der Cellulose-, bezw. Rohfasergehalt der einzelnen Pflanzentheile schwankt ausserordentlich: *Weizenkörner* enthalten 2%, *Weizenmehl* 0·3%, *Weizenkleie* 10·1%, *Erbsen* 6·4%, *Kiefernholz* 53·27%, *Eichenholz* 39·47%, *Guajakholz* 32·22%, *Haferstroh* 40%, *Roggenstroh* 54%.

Der Gehalt an mineralischen Substanzen schwankt bei den Cellulosemembranen sehr. Reine Baumwolle enthält z. B. nur 0·6%.

2. Amyloïd.[2])

Mit diesem Namen belegte SCHLEIDEN[3]) eine Modification der Cellulose, die sich mit Jod auch ohne Zusatz von Schwefelsäure bläut, sich in diesem Punkte also wie Stärke verhält. In kochendem Wasser löst sich Amyloïd. Amyloïdmembranen sind selten, nur bei den Leguminosen häufiger und dort besonders in den Cotyledonen anzutreffen (*Hymenaea Courbaril*, *Schotia latifolia*, *Mucuna urens*, *Tamarindus indica* stets, — *Lupinus* bisweilen). Auch die Membranen des Endosperms des *Paeonia*-Samens, der Samen von *Balsamina*-Arten (GODFRIN, HEINRICHER), *Tropaeolum majus* (FRANK) und einiger *Primulaceen* (im Endosperm von *Primula*, *Androsace*, *Anagallis*, *Glaux)*, sowie von *Asparagus*, *Gladiolus segetum*, *Iris acuta*, *Cyclamen neapolitanum*, als endlich die Membranen des Cambiums zahlreicher Laub- und besonders Nadelhölzer bestehen aus Amyloïd, ebenso die tertiäre Membran der Bastzellen der Erbsenfruchtstiele. Im Lichenin (s. d.) ist gleichfalls Amyloïd enthalten. Ob es stets als Amyloïd schon abgelagert wird oder erst nachträglich aus Cellulose entsteht, bleibt zu untersuchen. So weit meine Beobachtungen reichen, wird es bereits als Amyloïd angelegt und entsteht nicht nachträglich durch Umwandlung einer Cellulosemembran. Jedenfalls spielt Amyloïd die Rolle eines Reservestoffes (siehe Speichergewebe) und wird bei der Keimung gelöst. Nur im Cambium spielt es diese Rolle nicht. Stets sind nur die secundären Verdickungsschichten der fast ausnahmslos ziemlich erheblich verdickten Zellen Amyloïd. Wo Amyloïd vorhanden ist, pflegt Stärke im Inhalte der Zellen zu fehlen. Eine Ausnahme macht *Mucuna urens*. Durch concentrirte Schwefelsäure wird jede Cellulose in Amyloïd übergeführt. Die Bläuung der Membranen der oben genannten Objecte durch Jod ist eine sehr verschieden intensive, wo die Reaction schwach ist, ist neben Amyloïd noch Cellulose in der Membran vorhanden.

[1]) Vergleiche meine Monographie: „Cellulose" in der Real-Encyclopädie d. ges. Pharm." Bd. II, S. 609. HUSEMANN-HILGER, Pflanzenstoffe und EBERMAYER, Physiolog. Chemie.

[2]) ἄμυλον und εἶδος, ähnlich.

[3]) Ueber das Amyloïd, eine neue Pflanzensubstanz. Beiträge zur Botanik. 1844. — FRANK, Journ. f. prakt. Chemie. 95, S. 479. — NÄGELI, Einwirkung von Jod auf Stärke und Zellmembranen. Botan. Mittheil. I. — KABSCH, PRINGSHEIM's Jahrb. III.

3. Lichenin.

Lichenin oder Flechtenstärke[1]) ist ein mit der Stärke, resp. dem Amyloïd und der Cellulose nahe verwandter, wahrscheinlich z. Th. aus Amyloïd bestehender Körper, der auf einige Flechten *(Cetraria, Usnea, Cladonia, Parmelia, Ramalina* u. a.) und Algen *(Delesseria, Alsidium, Ceramium)* beschränkt zu sein scheint. Lichenin ist namentlich reichlich in dem isländischen Moos enthalten, besonders in der Mittelschicht, weniger in der Markschicht. Alle Membranen bestehen in den fraglichen Schichten aus Lichenin. In dem Inhalte der Hyphen oder gar zwischen denselben findet es sich, wie Knop und Schnedermann fälschlich meinen, nicht. Auch die Membranen der ascogenen Hyphen und die der Asci selbst zeigen oftmals bei den Flechten Licheninreaction.

Lichenin ist dadurch ausgezeichnet, dass es sich mit Jod bläut wie Stärke und in heissem Wasser, sowie in Kupferoxydammoniak und Chlorzinklösung löslich ist. Es gleicht also in seinem Verhalten der sogenannten löslichen Stärke (Granulose) — Maschke hält es sogar für identisch damit, was mir jedoch nicht zutreffend zu sein scheint. Dargestellt wird Lichenin aus dem isländischen Moos, nachdem dasselbe (durch Aether, Alkohol, Soda, Salzsäure, kaltes Wasser) von den bitteren etc. Bestandtheilen befreit wurde, durch Kochen mit Wasser, Trocknen der Gallerte, Wiederauflösen derselben in heissem Wasser und Fällen mit Alkohol (Berzelius, Payen, Guérin-Varry). Knop und Schnedermann, sowie Th. Berg lösen — zur Entfernung der allen schleimigen Substanzen stark anhängenden Salze — statt in Wasser in Salzsäure.

Lichenin quillt mit kaltem Wasser und gibt mit heissem eine Gallerte. Die Jodreaction ist schwächer als bei der Stärke und in der Farbe noch wechselnder, man kann Uebergänge von gelb durch grün zu blau und violett beobachten. Nur durch Kochen mit verdünnten Mineralsäuren (nicht durch diastatische Fermente) geht Lichenin in gährungsfähigen Zucker über. Darauf hat man eine Darstellungsweise von Alkohol in den Gegenden gegründet, die reich an Flechten sind. So hat Sternberg und Müller in Scandinavien die Alkoholgewinnung aus der *Cetraria* und der Rennthierflechte angeregt. Die Zuckerausbeute der Flechten beträgt bis 70%. Beim Erhitzen mit Salpetersäure entsteht aus Lichenin Oxalsäure, nicht Schleimsäure (Unterschied von den Schleimen). Lichenin gehört also zur Cellulosegruppe.

Nach Th. Berg ist das nach obigem Verfahren dargestellte Lichenin ein Gemenge zweier Körper, dem Lichenin im engeren Sinne, welches selbst nach Befeuchten mit Schwefelsäure durch Jod nicht gebläut wird, und dem Dextrolichenin — nur in halb so grosser Menge vorhanden — welches die Jodbläuung gibt. Beide sind der Stärke isomer, also nach der Formel $C_6 H_{10} O_5$ zusammengesetzt. Das Dextrolichenin scheint nichts anderes wie Amyloïd zu sein.

4. Die verholzte Membran.

Die verholzte Membran[2]) ist zwar mikrochemisch noch viel schärfer charakterisirt als die reine Cellulosemembran, aber makrochemisch, z. Z.

[1]) Berzelius, Schweigger's Journ. 7. — Guérin-Varry, Ann. Chem. Phys. 56. — Mulder, Journ. prakt. Chem. 15. — Payen, Ann. sc. nat. (bot.) 14. — Davidsohn, Journ. prakt. Chem. 20. — Schmidt, Ann. Chem. Pharm. 51. — Maschke, Journ. prakt. Chem. 61. — Knop und Schnedermann, Journ. prakt. Chem. 40. — Th. Berg, Pharm. Zeitschr. f. Russl. 1873. — Flückiger, Pharmakognosie u. Arch d. Pharm. 1871.

[2]) Vergl. die oben (S. 170) angegebene Literatur und Schuppe, Beiträge zur Chemie des Holzgewebes, Dissertation, Dorpat 1882, Stackmann, Studien über die Zusammensetzung des Holzes, Dissertation, Dorpat 1878, Niggl, Jahresber. der Pollichia, Kaiserslautern 1881, Ebermayer, Physiol. Chem. d. Pflanzen. Wieler, Landwirthsch. Versuchsst. 1885. Dragendorff, Analyse von Pflanzen und Pflanzentheilen, Göttingen 1882.

überhaupt nicht scharf zu definiren. Nur eins ist sicher, die „Grundsubstanz" auch der verholzten Membran ist Cellulose. Welcher Art jedoch die Substanz ist, welche die von den reinen Cellulosemembranen abweichende Reaction verholzter bedingt, ist sicher nicht bekannt. Man hat diese hypothetische Substanz (oder das Substanzgemenge) Lignin oder Holzstoff (F. SCHULZE) inkrustirende Materie (PAYEN), holzbildende Substanz oder Xylogen[1]) genannt und den Gehalt der verholzten Membran an Lignin durch Restanalyse zu bestimmen gesucht. Wenn man nämlich verholzte Membranen, nachdem sie zuvor durch Behandlung mit Alkohol, Aether, verdünnten Alkalien und Säuren von den sonst in ihnen enthaltenen organischen und anorganischen Substanzen befreit hat und dieselben alsdann 14 Tage mit kalter[2]) SCHULZE'scher Flüssigkeit ($HNO_3 + KClO_3$) behandelt, so löst sich das sogenannte Lignin vollständig auf, und der Rückstand zeigt die Reactionen reiner Cellulose. Auf diese Weise kann man also indirect den Gehalt an „inkrustirender Materie" bestimmen. Bei dieser Behandlung wird freilich das „Lignin" selbst zerstört, doch kann man durch Vergleichsanalysen verholzter und unverholzter Membranen wenigstens soviel feststellen, dass die eingelagerte Substanz, resp. das Substanzgemenge kohlenstoffreicher und sauerstoffärmer sein muss als Cellulose.[3])

Nach der oben angegebenen Methode hat F. SCHULZE den Gehalt an Lignin bestimmt und gefunden, dass enthält:

Eichenholz . . .	54·12%	Durchschnittlich beträgt also der Ligningehalt 50%.
Kiefernholz . . .	41·99%	
Roggenstroh . .	46·25%	
Flachs	17·08%	
Wallnussschalen	65·92%	

Die weichen Holzarten sind ligninärmer als die harten. Sehr ligninreich sind die Concretionen der Birne, die Kirschkernschalen, Wallnussschalen, überhaupt alle die Organe, welche Sclereïden (Steinzellen) enthalten, ligninarm alle jungen und krautigen Organe. Da die verholzte Membran unverdaulich ist, so sind alle Organe, die sehr viel derartig veränderte Zellhäute enthalten, zur thierischen Ernährung untauglich. Die Beziehung der Verholzung der Membran zu ihrer absoluten Festigkeit ist sicher noch nicht festgestellt. Es ist ein Irrthum, wenn die verholzten Membranen ohne Weiteres als die festeren bezeichnet werden.[4])

Keineswegs geht morphologische Veränderung mit Aenderung des chemischen und physikalischen Charakters der Membran Hand in Hand. Während z. B. die Holzzellen schon in ganz jugendlichen Stadien, wenn ihre Wandung nur erst sehr wenig verdickt ist, stark verholzt und die sehr dünnwandigen Korkzellen, z. B. der Kartoffel, stets verkorkt sind, bleiben das stark verdickte Collenchym und viele bis zum Verschwinden des Lumens verdickte Bastzellen *(Linum)* unverholzt. Verholzte Membranen sind stärker lichtbrechend als solche aus reiner Cellulose und erscheinen unter dem Mikroskope meist lichtgelb. Sie sind brüchiger als reine Cellulosehäute und weniger quellbar als diese.

Die mikrochemischen Reactionen der verholzten Membran sind folgende: Anilinsulfat- (oder Chlorid-) Lösung bewirkt, wenn man einen Tropfen verdünnte Schwefelsäure zufliessen lässt, intensive Gelbfärbung,

---

[1]) ξύλον Holz; γεννάω erzeuge.

[2]) Kochen mit SCHULZE'scher Flüssigkeit löst auch etwas Cellulose!

[3])

	C	H	O
Reine Cellulose enthält	44·4%	6·2%	49·4%
Verholzte Membranen enthalten . .	48—50%	6%	43—45%.

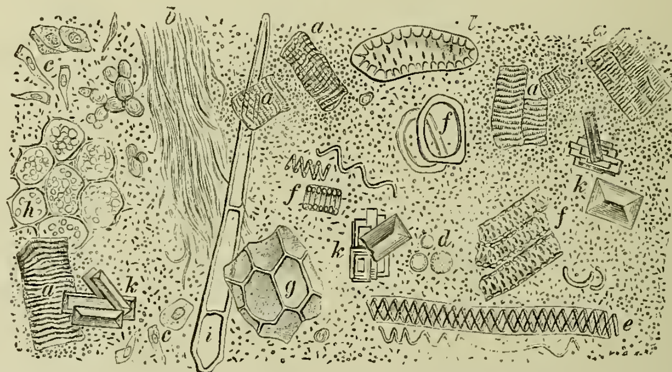
[4]) z. B. von EBERMAYER, Physiolog. Chemie d. Pflanzen, S. 176, der das Lagern des Getreides u. a. fälschlich auf eine geringe Verholzung zurückführt. Der Grund ist hier ein ganz anderer.

Phloroglucinlösung, wenn man Mineralsäuren, besonders concentrirte Salzsäure, hinzufügt, eine prächtige Kirschrothfärbung, Pyrrol und Salzsäure, sowie Indol und Schwefelsäure (NIGGL) erzeugen ebenfalls kirschrothe Färbungen. Resorcin und Schwefelsäure färben bei kleinen Säuremengen violett, bei grösseren roth, Phenol in concentrirter Salzsäure grün, blaugrün oder blau, ebenso verhält sich Thymol und Salzsäure. Die beiden letzteren Reactionen treten schön nur hervor, wenn man die Schnitte in die Sonne legt oder sie vor der Reaction erst mit Thymol, beziehungsweise Phenol und etwas chlorsaurer Kalilösung tränkt (SINGER, MOLISCH). Besonders die WIESNER'sche Phloroglucinreaction ist sehr scharf. Da Phloroglucin in der Rinde häufig vorkommt, so färben sich die verholzten Elemente der letzteren (z. B. die Bast- und Steinzellengruppen) schon oftmals bei blossem Zusatz von concentrirter Salzsäure.

Verholzte Membranen sind in Kupferoxydammon unlöslich, werden durch Jod und Jodschwefelsäure, sowie Chlorzinkjod gelbbraun und lösen sich in concentrirter Schwefelsäure schwerer als reine Cellulose oder — die stark verholzten — gar nicht darin auf.

Im Gegensatz zu der reinen Cellulose speichern verholzte Membranen sehr begierig Farbstoffe, auch ohne vorheriges Beizen, auf. Besonders die Anilinfarbstoffe werden schnell und reichlich aufgenommen. Ein

Fig. 174.



Mikroskopisches Gesammtbild der menschlichen Fäces bei gemischter Nahrung. (Vergr. 600.) *a* Muskelfasern, *b* Bindegewebe, *c* Epithelien, *d* weisse Blutzellen, *e* Spiralgefäss, *f*—*i* verschiedene Pflanzenzellen, Gefässfragmente, Haare, Sclereïde, *k* Tripelphosphatkristalle, dazwischen eine Unmasse verschiedener Mikroorganismen.

Gemisch von Hämatoxylin und Bismarckbraun färbt verholzte Membranen braun, unverholzte violett (ZIMMERMANN). Alle diese Reactionen treten nicht ein und die Membran reagirt wie reine Cellulose, wenn man sie zuvor mit SCHULZE'scher Flüssigkeit einige Zeit digerirt.

Verholzte Membranen sind unverdaulich. Man findet daher alle verholzten Elemente der pflanzlichen Nahrungsmittel (besonders die Gefässe, Sclereïden etc.) in den Fäces unverändert vor (Fig. 174).

Das Lignin, die hypothetische Substanz, die die „Verholzung“ der Membran bewirkt, und die F. SCHULZE für eine einheitliche hielt, der die Formel $C_{19}H_{24}O_{10}$ — mit 55·55% C, 5·83 H, 38·62% O — zukommt, dürfte nach den neueren Erfahrungen kein chemisches Individuum, sondern ein Gemisch verschiedener Substanzen sein, unter denen sich auch Coniferin und Vanillin[1]) befindet. Ob alle oder einige dieser in die Membran eingelagerter Substanzen mit den Cellulosemolecülen in chemische Bindung

[1]) v. HÖHNEL, Histochemische Unters. über das Xylophilin und das Coniferin. Sitzungsb. d. Wiener Akad. Bd. LXVII, I, S. 663. — SINGER, Beiträge zur näheren Kenntniss der Holzsubstanz und der verholzten Gewebe. Ebenda. Bd. LXXXV, I, S. 345.

treten oder nur molecular eingelagert sind, ob sie in der Membran selbst oder im Inhalte der Zellen entstehen und von der Membran nur gespeichert werden, ist noch nicht erwiesen. Jedenfalls behält die Membran vollständig ihre Gestalt bei, wenn man die „inkrustirenden Substanzen", die doch meist 50% betragen, nach der oben angegebenen Methode entfernt.

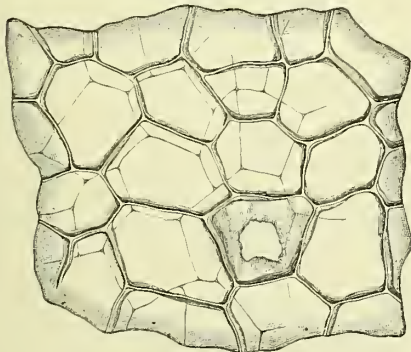
Verholzte Membranen findet man [1]) besonders im trachealen Systeme, die Gefässe z. B. sind immer verholzt, selbst wenn das ganze übrige Gewebe, wie z. B. bei *Rad. angelicae*, unverholzt ist. Auch die Tracheïden pflegen verholzt zu sein, wie die meisten Bast- und Libriformzellen. Sehr stark verholzt sind alle Sclereïden (Steinzellen). Auch das Mark kann unter Umständen verholzen, wie überhaupt alle Gewebe mit Ausnahme des Siebtheils, ja selbst die Korkzellmembran (s. d.) pflegt eine verholzte Schicht zu besitzen. Harz [2]) fand verholzte Membranen auch bei den Pilzen *Elaphomyces* und *Bovista* (im Capillitium). Er schlägt für dies Lignin den Namen Fungolignin vor. Hartwig fand „Ligninkörper" in der Nahrungsschicht der Infectoriagallen. [3]).

Wo überhaupt Verholzung eintritt, beginnt dieselbe sehr frühzeitig. Die bei dem secundären Dickenwachsthum der Dikotylen und Gymnospermen nach Innen abgeschiedenen Holzzellen und Gefässe verholzen schon sofort, nachdem sie vom Cambium abgeschieden worden sind, also lange bevor sie sich verdicken. Nur in dem sehr rasch wachsenden Holze im Frühling kann die Verholzung der Zellvermehrung nicht folgen, und die äussersten Schichten des Maiholzes pflegen noch unverholzt zu sein.

5. Die verkorkte Membran und die Cuticula.

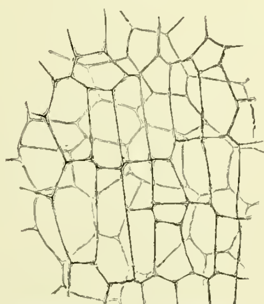
Auch die verkorkte Membran ist mikrochemisch sehr bestimmt von der Cellulosemembran und der verholzten zu unterscheiden, auch sie ent-

Fig. 175.



Kartoffelkork (Möller).

Fig. 176.



Rübenkork in Schwefelsäure (Möller).

steht durch Einlagerung einer andersartigen Substanz zwischen die Cellu-

[1]) Ueber die Verbreitung der Verholzung vergl. Burgerstein, Unters. über d. Vorkommen und d. Entstehung des Holzstoffes. Sitzungsb. d. Wiener Akad. Bd. LXX, I, S. 338. — Ueber die Verholzung selbst vergl. Stackmann, Studien über die Zusammensetzung des Holzes. Dissertat. Dorpat 1878. — Schuppe, Beiträge zur Chemie des Holzgewebes. Dissert. Dorpat 1882 (dort die ältere Literatur). — Cross und Bevan, The chemistry of Bast fibres. Chem. News. 1882. — Webster, On the analysis of certain vegetable fibres. Ebenda 1882. — Niggl, Ueber die Verholzung der Zellenmembranen. Jahresb. d. Pollichia. Kaiserslautern 1881 (Ueberblick).

[2]) Ueber die Verholzung etc., spec. über das Vorkommen von Lignin in Samenschalen. Bot. Centralbl. 1885 und 1886. H. verwendet die Verholzung bei den Samenschalen diagnostisch.

[3]) Ber. d. d. botan. Ges. 1885.

losemolecüle[1]), zeigt daher, wenn man jene auf geeignete Weise entfernt, ebenfalls die Cellulosereaction.

Die „inkrustirende" Substanz der verkorkten Membran hat v. Höhnel Suberin genannt. Wie das Lignin ist auch das Suberin kein chemisches Individuum. Seiner Hauptmasse nach besteht es, wie Kügler[2]) wenigstens für den Kork von *Quercus Suber* gezeigt hat, aus einem Fettgemische, und zwar dem Glycerinäther der Stearinsäure und dem einer neuen Fettsäure, die Kügler Phellonsäure[3]) nannte und die der Formel $C_{20} H_{42} O_3$ entspricht. Aus mit Alkohol und Chloroform gereinigtem Flaschenkorke erhielt Kügler durch Verseifen mit alkoholischem Kali 40% des Fettsäurengemisches.[4])

Wir haben allen Grund, anzunehmen, dass auch die inkrustirende Substanz der Cuticula, welch' letztere sich mikrochemisch ganz wie die Korkmembran verhält. nichts anderes ist, als das Suberin. Fremy hat sie unter dem Namen Cutin unterschieden.

Ausser dem Fettgemische findet sich in Kork und Cuticula ein wachsartiger Körper, das Cerin. Die Cuticula scheint von diesem mehr zu enthalten als der Kork. Ob das Fettgemisch und das Cerin chemisch mit der Cellulose verbunden oder nur molecular in dieselbe eingelagert sind, ist noch nicht festgestellt. Jedenfalls sind beide an die Cellulose sehr fest gebunden. Das Fettgemisch ist nur durch Verseifung daraus zu entfernen. Dass mit Kali anhaltend behandelte Cuticula die Cellulosereaction gibt, zeigte zuerst Hofmeister.[5])

Mikrochemisch sind die verkorkten Membranen dadurch ausgezeichnet, dass sie sich in concentrirter Schwefelsäure, selbst nach längerem Liegen, nicht lösen (Fig. 176).[6]) Auch in Kupferoxydammon sind sie unlöslich. Concentrirte Kalilauge färbt, besonders bei vorsichtigem Erwärmen, gelb; sie werden dabei körnig. beim Kochen mit dem Reagens treten gelbe Tropfen aus der Membran hervor. Chlorsaures Kali und Salpetersäure löst weder in der Kälte, noch bei vorsichtigem Erhitzen. Beim Kochen wird die Korkmembran in ölige Tropfen von in Alkohol, Chloroform und Aether löslicher Cerinsäure (nach Kügler einem Oxydationsproducte der Phellonsäure) übergeführt. Concentrirte Chromsäurelösung löst nicht oder doch erst nach längerer Zeit (die Cellulose und verholzte Membran wird davon leicht gelöst).

Der Grad der Verkorkung der einzelnen Zellen ist (wie der der Verholzung) ein verschiedener. Aber auch hier ist die Einlagerung eine so vollständige, dass die Membran, wenn man ihr das Suberin mittelst alko-

---

[1]) Die junge Korkmembran (im Phellogen) reagirt auch auf Cellulose.

[2]) Karl Kügler, Der Kork von *Quercus Suber*. Archiv d. Pharm. 1884, S. 217.

[3]) von φελλός, Kork.

[4]) Kügler erhielt aus dem Korke von *Quercus Suber:*

Cerin 2·9% }
Fettsäuren 30·10% } Lignin (berechnet) 12%.
Glycerin 2·65% }
Huminverbindungen 8%.
Cellulose 22%.
Wasser 5%.
Asche 0·5%.

[5]) Pflanzenzelle, S. 257.

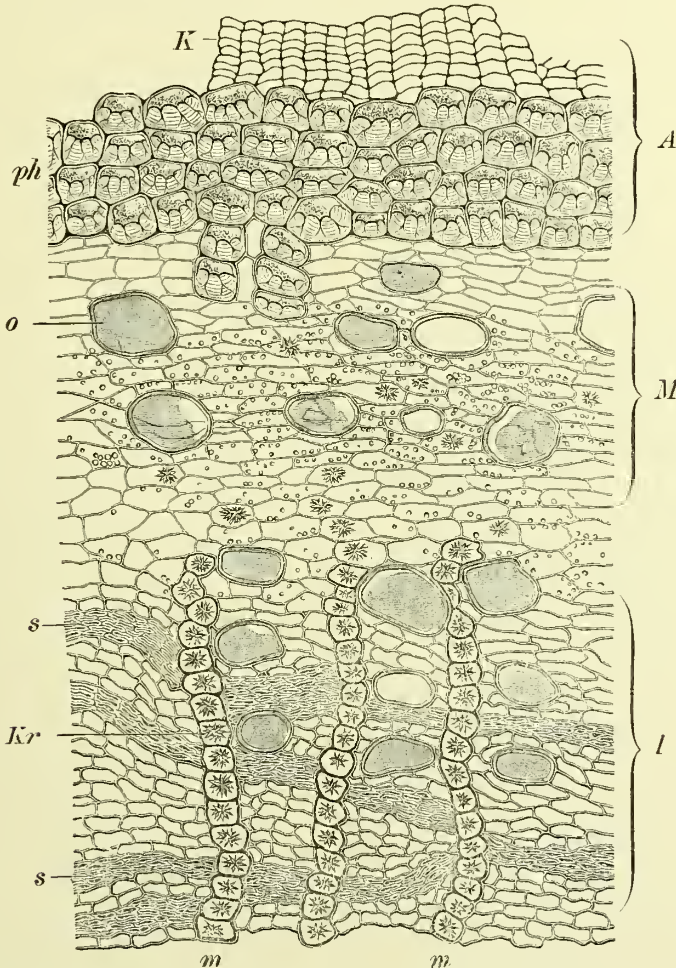
[6]) An dieser Stelle möchte ich nicht unterlassen darauf hinzuweisen, dass auch nicht verkorkte Membranen, besonders solche, welche mit Farbstoffen oder Harzen (Umgebung der Vittae der *Umbelliferen*, Samenhaut der *Muscatnuss*) infiltrirt oder im Humificirungsprocesse begriffen sind, oftmals gegen Schwefelsäure resistent erscheinen. Derartige Membranen finden sich besonders bei Drogen sehr häufig. Um sie auf eventuelle Verkorkung zu prüfen, muss man sie zuvor vorsichtig mit Schulze'scher Macerationsflüssigkeit behandeln, behufs Zerstörung der Farbstoffe, oder wiederholt mit Alkohol, Aether und Wasser auskochen.

holischem Kali entzogen hat, sie also nun auf Cellulose reagirt, in ihrer Form nicht verändert erscheint.

Bemerkenswerth erscheint es, dass während, bis auf die Intercellularsubstanz, durchweg verholzte oder aus reiner Cellulose bestehende Membranen eine sehr häufige Erscheinung sind, ja die Regel bilden, durchweg verkorkte Membranen sehr viel seltener sind.

Wie nämlich DE BARY und v. HÖHNEL [1]) gezeigt haben, besteht die Membran der Korkzellen aus einer Korklamelle, der nach innen, gegen

Fig. 177.



Querschnitt durch die Rinde von *Canella alba*. *A* Aussenrinde, *M* Mittelrinde, *I* Innenrinde; *K* Kork, *ph* Phelloderma, *o* verkorkte Oelzellen, *m* Rindenstrahl mit Kristalldrusen, *s* Siebelemente (Tschirch).

das Lumen der Zelle zu, eine Celluloselamelle aufgelagert ist. Letztere fehlt freilich bisweilen, besonders bei zartwandigen Korkzellen (*Kartoffel*, viele Oelzellen). Wo vorhanden, ist sie stets suberinfrei, häufig aber verholzt (Flaschenkork). Die zwei benachbarten Korkzellen gemeinsame sog. Mittellamelle (die primäre Membran der Zellen, Intercellularsubstanz, Mittelplatte)

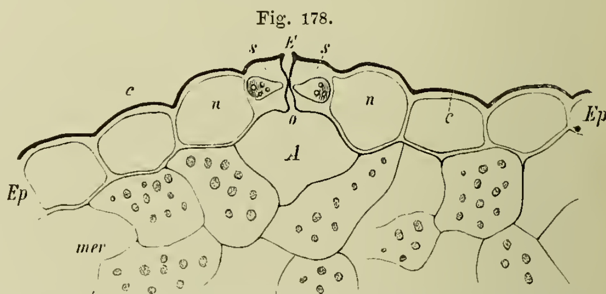
[1]) Ueber den Kork und verkorkte Gewebe überhaupt. Sitzungsber. d. Wiener Akad. Bd. LXXVI, I, S. 507.

ist ebenfalls suberinfrei, aber in der Regel verholzt.[1]) Die Korklamelle, die die eigentliche „Verkorkung" der Membran bedingt, ist meist nur sehr zart, während die Celluloselamelle oft eine ziemliche Dicke erreicht.[2]) Wo Poren bei Korkzellen vorkommen, was übrigens sehr selten ist, finden sie sich nur in der, dann stets verdickten, Celluloselamelle (Korkschuppen des *Mandelsamen*).

Den gleichen Bau wie die Korkzellen besitzen die Zellen der verkorkten Endodermen. Auch hier ist die Suberinlamelle meist zart, die Celluloselamelle fehlt entweder *(Rad. hellebori, Rad. arnicae, Rhiz. curcumae)* oder ist ziemlich mächtig entwickelt *(Rad. sarsaparillae, Rad. veratri)*.

Zacharias[3]) zeigte, dass auch einer Anzahl von Secretschläuchen typisch gebaute Korkmembranen zukommen, so den Oelzellen in Stamm und Blatt von *Acorus Calamus*, in der Rinde von *Croton Eluteria*, *Camphora officin.*, *Sassafras officinale* und *Canella alba* (Fig. 177), im Rhizom von *Asarum europaeum* und *Aristolochia Clematitis*, in der Wurzel von *Valeriana officin.*, den Secret- und Raphidenschläuchen im Blatt von *Aloë*. Ich habe nachgewiesen, dass die Verkorkung von Excretzellen eine ganz allgemein verbreitete Erscheinung ist und auch vorkommt bei *Rhiz. zingiberis*, *Rhiz. curcumae*, *Rhiz. zedoariae*, *Rhiz. galangae*, *Cort. cascarillae*, *Tub. jalapae*, *Cort. dicypellii*, *Laurus Camphora* (Holz), *Fol. lauri*, *Pfeffer- und Cubebenperisperm*, *Sternanisschale*, *Fol. Matico*, *Cardamomen-Fruchtschale*, *Macis*, *Rhiz. calami*, bei den Oxalatschläuchen von *Rhiz. veratri* und *Iridis*. Verkorkte Schleimzellen finden sich bei einigen *Lauraceen* (s. Excretbehälter) besonders in der Rinde von *Cinnamomum cassia*.

Fig. 178.



Querschnitt durch die Epidermis (*Ep*) der Blattunterseite von *Mentha piperata*. *s* Spaltöffnung, *n* Nebenzellen, *c* Cuticula, *mer* Merenchym (Tschirch).

Auch der Bildung der Cuticula liegt eine partielle Verkorkung der Membran zu Grunde. Unter Cuticula[4]) verstehen wir das zarte Häutchen, welches alle Epidermiszellen überzieht und sich auch, meist überall gleich dick, über die Anhangsorgane der Epidermis (Haare, selbst die der Wurzeln) breitet (Fig. 179 *cut*). Es ist die äusserste Schicht, der im übrigen meist aus Cellulose bestehenden, Aussenwand der Epidermiszellen; bisweilen kommt es, wie Berthold nachwies, vor, dass ausserhalb der Cuticula noch eine verholzte und eine Celluloselamelle liegt. Der Fall ist aber jedenfalls ein äusserst seltener.

Da die Suberinlamelle die Eigenschaft besitzt, für Wasserdampf schwer oder ganz undurchlässig zu sein und dem epidermalen Gewebe (s. d.)

---

[1]) Man kann also auch Korkzellen durch Schulze'sche Maceration, die die Mittelplatte löst, isoliren.

[2]) Auch unser Flaschenkork (der Kork der Korkeiche, *Quercus Suber*) besteht aus so gebauten Zellen, er zeigt deutlich alle drei Schichten, ist daher auch nicht in Schwefelsäure unlöslich, wie er es ja sein müsste, wenn die Membranen durchweg verkorkt wären. Bei ihm ist die Celluloselamelle sehr dünn, die Suberinlamelle relativ dick. (Vergl. den speciellen Theil unter „Flaschenkork").

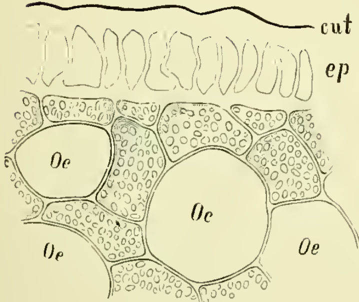
[3]) Ueber Secretbehälter mit verkorkten Membranen. Bot. Zeit. 1879, S. 617.

[4]) Cutis, Haut. Der Name wurde von A. Brongniart (Ann. sc. nat. 2, Ser. I, S. 65) eingeführt.

in erster Linie die Function zukommt, die zu starke Verdunstung des Wassers zu verhindern, so werden wir naturgemäss verkorkte Membranen in erster Linie bei dem Epidermalgewebe finden. Der Cuticula der Epidermiszellen habe ich soeben schon gedacht. Bei Pflanzen, die in einem nicht trockenen Klima leben, ist die Cuticula meist sehr zart (z. B. an den Epidermiszellen der Blätter von *Mentha* (Fig. 178), *Hyoscyamus*) und grenzt unmittelbar an die Celluloseschicht der Epidermisaussenwand). Sie ist durch Zusatz von concentrirter Schwefelsäure zu dem mit Jod betupften Querschnitt stets leicht als zartes, in Schwefelsäure, Kupferoxydammon, Chromsäure unlösliches, durch Jod gebräuntes, durch Anilinfarben intensiv gefärbtes, der Fäulniss widerstehendes Häutchen zu erkennen.

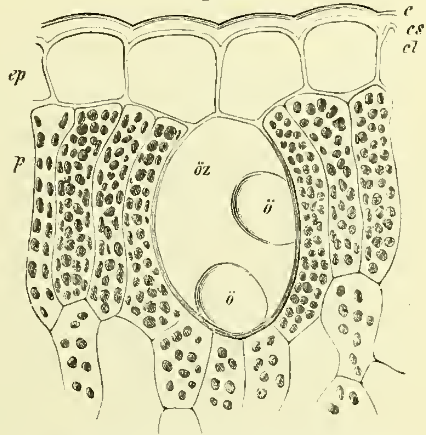
Bei Pflanzen trockener Klimate ist die Cuticula an den Epidermiszellen der Vegetationsorgane dicker und wird durch sogenannte Cuticularschichten[1]) (cuticularisirte oder cutisirte Schichten) verstärkt. Solche Cuticularschichten entstehen dadurch, dass in der meist sehr dicken Epidermiszellenaussenwand die unmittelbar an die Cuticula nach innen zu angrenzende Schicht schwach verkorkt (Fig. 180 *cs*); die Aussenwand der Epi-

Fig. 179.



Randpartie der *Macis* im Querschnitt. *ep* Epidermis, *cut* Cuticula, *Oe* Oelzellen, dazwischen Parenchym mit Amylodextrinstärke (Tschirch).

Fig. 180.



Querschnitt durch eine Oelzelle mit umgebendem Gewebe des Blattes von *Sassafras officin.* *ep* Epidermis, *öz* verkorkte Oelzelle mit *(ö)* Oeltropfen, *c* Cuticula, *cs* Cuticularschicht, *cl* Celluloseschicht, *p* Palissadengewebe (Tschirch).

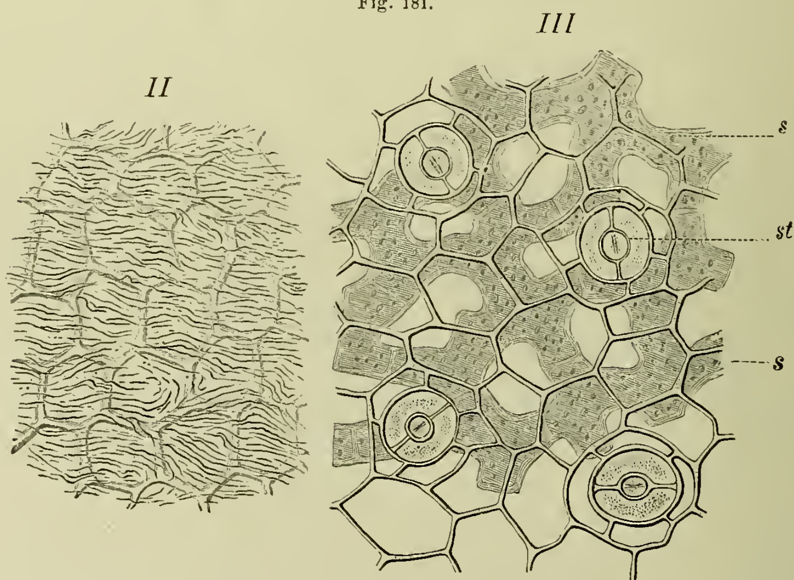
dermiszelle besteht also in diesem Falle nicht nur aus Cellulose und Cuticula, sondern aus einer inneren Celluloseschicht (Fig. 180 *ct*), einer mittleren Cuticularschicht (Fig. 180 *cs*) und der Cuticula (Fig. 180 *c*). Diese Cuticularschicht, die sich durch ein anderes Lichtbrechungsvermögen sowohl von der Cuticula, wie von der Cellulose unterscheidet und besonders durch Einlegen des Präparates in Jodlösung schön sichtbar gemacht werden kann, ist meist sehr viel dicker als die Cuticula (bei dem Blatte von *Aloë aborescens* 8 Mik.!) und überzieht nur in den seltensten Fällen die Aussenwand der Epidermiszellen als eine gleichmässig dicke Schicht. Für gewöhnlich springt sie zapfenförmig in die Seitenwandungen der Epidermiszellen ein; in der Mehrzahl der Fälle allerdings nicht sehr tief (Fig. 180). Sie ist mit den Celluloseschichten „verzahnt". Bei Behandeln von Querschnitten mit Schwefelsäure erscheinen die Cuticularschichten daher als zahnartige Anhängsel der Cuticula *(Fol. Jaborandi)*. Die Cuticularschichten zeigen häufig eine charakteristische

[1]) Die Cuticularschichten unterschied zuerst Mohl (Bot. Zeit. 1847) von der Cuticula.

Schichtung, ähnlich der dicker Membranen.[1]) Bisweilen liegt aber auch die Cuticula selbst einer sehr stark verdickten, aber aus Cellulose bestehenden Epidermisaussenwand auf (*Macis* (Fig. 179), *Caryophylli).* Wo Cuticularschichten ganz fehlen, bewohnen die betreffenden Pflanzen meist ein mehr oder weniger feuchtes Klima.

Die Cuticula wird sehr frühzeitig gebildet. Die Epidermiszellen des Embryos sind bereits der Regel nach cuticularisirt und auch die Zellen der Vegetationspunkte des Stammes zeigen sie; nur den unter der Wurzelhaube liegenden Zellen des Vegetationspunktes der Wurzel fehlt die Cuticula. Die Cuticula bildet ein den ganzen Pflanzenkörper überziehendes Häutchen, das nur bei den Schliesszellen der Spaltöffnungen unterbrochen wird; doch darf es als Regel gelten, dass sich die Cuticula hier über die Seiten- und Innenwand der Schliesszellen, ja selbst bisweilen über die ganze Athemhöhle, also über die sie begrenzenden Mesophyllzellen hinzieht — an den Spaltöffnungen also gewissermaassen einen nach Innen eingestülpten, meist freilich wohl innen offenen Sack bildet.[2]) Bei besonders günstigen Objecten lässt

Fig. 181.



Flächenschnitte durch ein Jaborandiblatt. *II* Epidermis der Blattoberseite mit den Cuticularfalten. *III* Blattunterseite, *st* Spaltöffnung, *s* subepidermales Schwammparenchym (Vogl).

sich die Cuticula als zusammenhängendes Häutchen von der Oberfläche des Organes abziehen (Fig. 181). Obgleich sie von der einzelnen Epidermiszelle gebildet wird, gehört sie derselben doch später nicht eigentlich mehr an, sondern ist gewissermaassen eine Haut, die dem ganzen Organ oder der ganzen Pflanze gemeinschaftlich angehört. Sie zeigt abgezogen weder die Conturen der Epidermiszellen, noch zerfällt sie durch Reagentien in Abschnitte, die diesen entsprechen. Auch die alsbald zu besprechenden Streifungen und Wellungen ziehen sich meist gleichmässig auch über die Seitenwände der Epidermiszellen hin (*Fol. Jaborandi).*

Eine ähnliche Selbstständigkeit wie der Cuticula scheint auch der Aussenwand der Epidermiszellen zuzukommen, wie die im speciellen Theile

---

[1]) Weitere Details über die Cuticula und die Cuticularschichten in de Bary's Anatomie, S. 80. Dort auch die Literatur.

[2]) Mohl, Ueber das Eindringen der Cuticula in die Spaltöffnungen. Bot. Zeit. 1845.

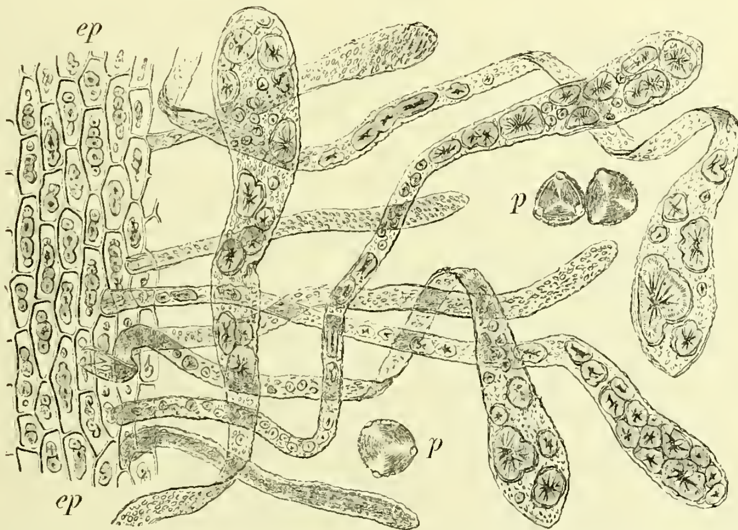
bei *Fruct. capsici* zu beschreibenden rinnenförmigen Streifen zeigen, die über viele Epidermiszellen hinlaufen.

Die Cuticula besitzt eine geringe Dehnbarkeit, sie wird z. B. bei den wachsbildenden Epidermen in Folge des Dickenwachsthums gesprengt.

Selten ist sie so dick, dass sie im Querschnitte Schichtung erkennen lässt (Blätter von *Cycas revoluta, Ilex aquifolium).* Dagegen treten ausserordentlich häufig Streifungen, gerade und wellig verlaufende an der Flächenansicht der Cuticula hervor *(Fol. Jaborandi, Belladonnae, Conii,* Blattunterseite, *Tussilago Farfara* Blattoberseite, Corolle von *Matricaria Chamomilla, Coniumfrucht, Fruct. anisi stellati).* Auch eine warzige Cuticula ist, besonders bei Haaren, keine Seltenheit (Haare von *Fruct. anisi, Fol. sennae, Flor. lavandulae,* Staubfadenhaare von *Verbascum Thapsus* (Fig. 182), *Crocuspapillen).*

Die Streifungen gehen oft strahlig von aufsitzenden Haarorganen aus und verdanken sehr zarten Faltungen ihre Entstehung. Aber auch unmittelbar sichtbare grössere Faltungen sind nichts seltenes. So sieht man eine wellig gebogene Cuticula besonders häufig auf Querschnitten durch Epidermiszellen, die über den Blattnerven liegen *(Fol. digitalis).*

Fig. 182.



Staubfadenhaare von *Verbascum Thapsus* mit den auf Glycerinzusatz entstandenen Zucker-(?) Sphärokristallen. *ep* Epidermis des Filamentes mit rothgelben traubigen Chromatophoren. *p* Pollenkörner (Vogl).

Natürlich zeigen auch die Epidermiszellen der Samenschale eine Cuticula. Doch kommt hier bei den *Solanaceen* der bemerkenswerthe Fall vor, dass bisweilen die Aussenwand der Epidermiszellen allein von der Cuticula gebildet wird *(Hyoscyamus niger),* und dass sich die Cuticula auch über die innere Wandschicht der Epidermiszellen hinzieht *(Hyoscyamus, Capsicum).* Auch bei der Palissadenschicht einiger Samenschalen besteht die Aussenwand nur aus Cuticula. Auch andere Besonderheiten finden sich bei den Cuticulargebilden der Samenschalen, die auch sonst an anatomischen Merkwürdigkeiten reich sind.

Sowohl der Aussenhaut aufsitzend, als gewisse Schichten der Aussenwand durchsetzend, finden sich bei zahlreichen Samen cuticularisirte Gebilde, die HEGELMAIER [1]) auffand und die MARLOTH [2]), der ihre weite Ver-

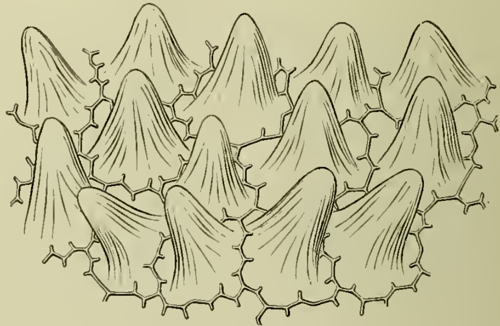
[1]) Ueber Bau u. Entwicklung einiger Cuticulargebilde. PRINGSHEIM's Jahrb. IX, S. 286.
[2]) Ueber mechanische Schutzmittel der Samen. ENGLER's bot. Jahrb. IV, S. 225.

breitung feststellte, Differenzirungsstäbchen nannte. Sie finden sich sehr schön, z. B. in der Samenschale von *Chelidonium* (MARLOTH, Taf. V, Fig. 14).

Am charakteristischesten kommt die Verkorkung der Membran bei den eigentlichen Korkzellen zum Ausdruck, die das epidermale Gewebesystem älterer Organe darstellen. Bei dem Korkgewebe sind alle Zellen verkorkt, wenn auch nicht, wie schon oben ausgeführt, durch die ganze Membran. Der Kork ist also in Schwefelsäure ganz oder grösstentheils unlöslich, wovon man sich z. B. durch Behandeln von Querschnitten durch die Randpartie des Kartoffelknollens oder die Peripherie der Stammorgane der Eiche leicht überzeugen kann. Bei den Kartoffeln kommt die Eigenschaft der verkorkten Membran, für Wasserdampf undurchlässig zu sein, sehr schön zum Ausdrucke. Dieselben bleiben nur so lange frisch und turgescent, als man ihnen die Korkhülle lässt und beginnen sofort zu schrumpfen, sobald man sie von der primären Korkhülle und von dem an den Schnittzellen gebildeten Wundkork befreit.

Die Verkorkung der Membranen der im Innern des Pflanzenkörpers gelegenen Endodermiszellen, die nicht nur bei den dünnwandigen Endodermen, sondern, wie ich mich überzeugte, auch sehr oft bei den dickwandigen (z. B. bei denen der Wurzel von *Iris florentina)* eintritt, hat natürlich nicht den Zweck, die Verdunstung herabzumindern, sondern offenbar den, die Leitungsbahnen einzuengen; denn da die verkorkte Membran auch für tropfbar-flüssiges Wasser mehr oder weniger impermeabel ist, so wird ein Saftaustausch durch verkorkte Zellen nicht oder nur in geringem Maasse stattfinden.

Fig 183.



Oberhaut des Blumenblattes von *Viola tricolor*. Jede Oberhautzelle ist in eine mit gestreifter Cuticula versehene Papille ausgewachsen. Vergr. 300 (Wiesner).

Bei den verkorkten Secretbehältern dient die Verkorkung offenbar dazu, das einmal abgeschiedene, nicht weiter verwendete, Secret in der Zelle festzuhalten.

Die verkorkten Membranen sind ebensowenig, wie verholzte (S. 176), verdaulich, widerstehen aber, wie auch die Cuticula, sehr energisch der Fäulniss und, wie die Blattminirer zeigen, auch den Thieren.

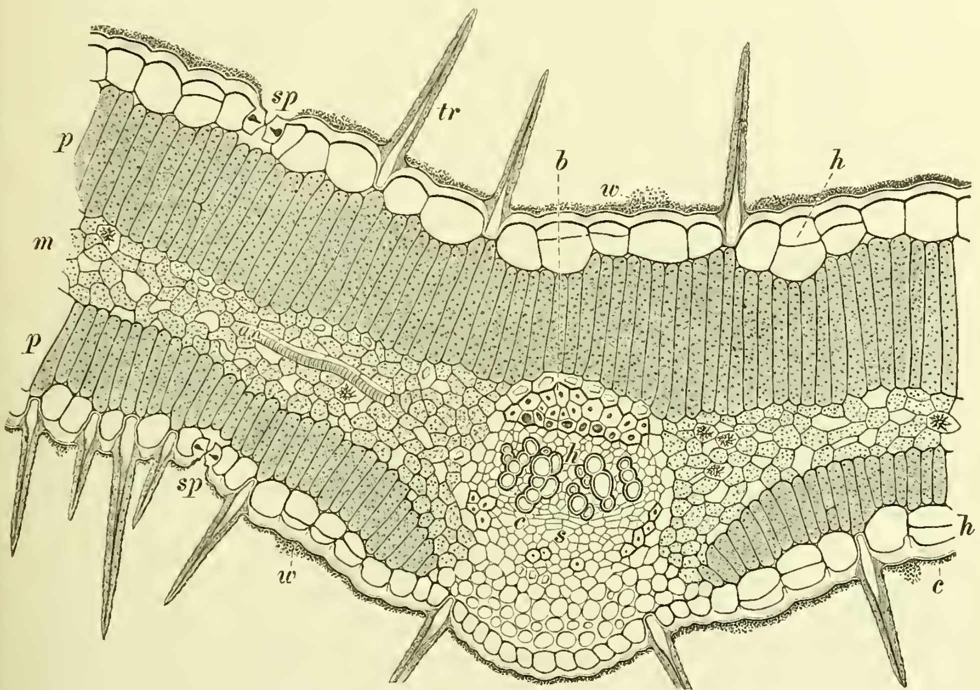
Bei einigen Pflanzentheilen, besonders unterirdischen, wird das Korkgewebe durch ein braunes sogenanntes Metaderma[1]) (A. MEYER) vertreten, welcher zwar die Function des Korkes besitzt, aber nicht seine Eigenschaften theilt *(Rhiz. galangae, Tub. aconiti, Rhiz. veratri)*.

[1]) A. MEYER, Arch. d. Pharm. 1882.

6. Ein- und Auflagerung von Wachs.

Bei der Besprechung der verkorkten Membran (S. 178) habe ich bereits erwähnt, dass neben dem Suberin, dem für die Verkorkung specifischen Stoffe, noch ein zweiter Körper in der Korkmembran vorkommt [1], der als Wachs oder Cerin bezeichnet werden mag. Das Wachs tritt beim Erwärmen in Tropfenform aus der Membran hervor, welche Tropfen sich in kochendem Alkohol leicht lösen und auch sonst mit den Wachskörpern übereinstimmen, die wir als Ueberzüge auf Pflanzenorganen häufig antreffen. Das Wachs ist, wie das Suberin und Lignin, der Membran molecular eingelagert, doch

Fig. 184.



Querschnitt durch das Blatt von *Cassia angustifolia (Fol. Sennae)*. *h* Epidermis, partiell hypodermatisch, *w* Wachskörnchen auf der Oberfläche der Cuticula *c*, *tr* Haar, *sp* Spaltöffnung (Tschirch).

beobachtet man im Gegensatz zu den beiden eben genannten Körpern, bei sehr wachsreichen Membranen *(Klopstockia cerifera)* die Erscheinung, dass, wenn das Cerin durch siedenden Alkohol der Membran entzogen wird, eine Volumenverminderung der Membran eintritt. Die Menge des Cerins im Korke von *Quercus Suber,* unserem Flaschenkorke, beträgt nach Kügler 2·9%. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $C_{20}H_{32}O$. Er findet sich im Flaschenkork auch bisweilen auskristallisirt im Inhalte der Zellen und es erscheint zur Zeit noch fraglich, wieviel von den gefundenen 2·9% auf

[1] Vergl. de Bary, Ueber die Wachsüberzüge der Epidermis. Bot Zeit. 1871, S. 129 u. 566. — Kügler, Ueber den Kork von *Quercus Suber*. Arch. d. Pharm. 1884, S. 217. — v. Höhnel, Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1877.

den Inhalt und wieviel auf die Membran kommt. Nach v. HÖHNEL's Untersuchungen soll Kork im Allgemeinen arm an Cerin oder cerinfrei sein. Die Cuticula dagegen ist oftmals sehr reich daran. DE BARY fand Cerin in der Cuticula der Vegetationsorgane von *Aloë verrucosa*, *Cycas revuluta* u. a.

Sehr charakteristisch für das Cerin der Cuticula ist es, dass es häufig nach Aussen hin in Form von Wachsüberzügen[1]) ausgeschieden wird. Solche Wachsüberzüge geben den davon bedeckten Pflanzenorganen gewöhnlich jenes Aussehen, das wir ganz charakteristisch mit dem Namen „bereift", pruinosus bezeichnen. Die Pflanzentheile erscheinen blaugrau *(Pflaumen, Kohl, Ricinusstengel, Eucalyptusblätter, Fol. Sennae, Wachholderbeeren)*.

Die Wachsüberzüge bestehen jedoch wohl niemals aus ganz reinem Cerin, sondern enthalten, wie WIESNER[2]) nachwies, häufig Fette, Fettsäuren u. a. in wechselnden Mengen, wie schon die mikrochemische Prüfung lehrt, der gegenüber sich die Wachsarten nicht alle gleich verhalten. Auch Kieselsäure kommt bisweilen darin vor (DE BARY).

Sie sind mikrochemisch im Allgemeinen dadurch charakterisirt, dass sie in heissem Wasser schmelzen, in kaltem Alkohol gar nicht oder sehr schwer, in heissem, sowie in Aether leicht löslich sind. Die in dem

Fig. 185.

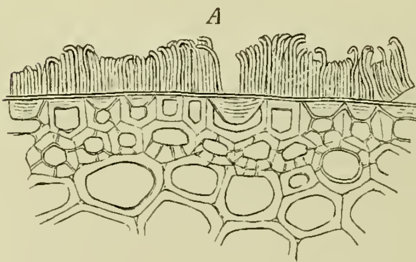
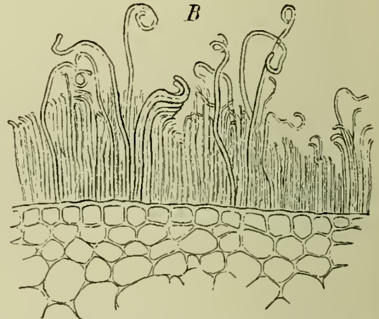


Fig. 186.



Querschnitte durch die Peripherie des Stengels von *Saccharum officinarum* mit Wachsausscheidungen. *A* Oberfläche eines erwachsenen Internodiums. *B* eines ebensolchen Knotens (de Bary).

Wachse vorkommenden Fettsäureäther sind im Allgemeinen dadurch charakterisirt, dass sie bei der Verseifung nicht Glycerin, sondern andere (nicht dreisäurige, sondern einsäurige) Alkohole liefern.

Die Wachsüberzüge der Cuticula treten entweder in Form von Körnchen oder Stäbchen oder Krusten auf.

Am häufigsten beobachtet man Wachsüberzüge von Körnchenform. Meist liegen die, für gewöhnlich nur 1 Mik. grossen, rundlichen oder wenig gestreckten Körnchen in einfacher Schicht (Roth- und Weisskohl, Tulpenblätter, Pflaume, *Galbuli Juniperi*, Stengel von *Conium maculatum*, *Vitis vinifera*, Gräser, Irisblätter, *Allium)*, selten in mehreren *(Ricinus communis*, *Abies pectinata*, *Fol. Sennae* (Fig. 184), *Fol. Eucalypti*, *Secale cereale*, *Agave americana)*.

Die äusseren Athemhöhlen der Spaltöffnungen zahlreicher *Coniferen*nadeln sind mit einem Haufwerke von Wachskörnchen erfüllt (WILHELM).

Die zweite Form der Wachsausscheidung, in Gestalt von Stäbchen, ist sehr viel seltener. Besonders die Internodien des Zuckerrohrs *(Saccharum*

[1]) Bes. von DE BARY (a. a. O. u. Anatomie, S. 86) untersucht und beschrieben.

[2]) Ueber die kristallin. Beschaffenheit d. Wachsüberzüge etc. Sitzungsber. Wiener Akad. und Bot. Zeit. 1876, S. 225. — Vergl. auch DE BARY, a. a. O. und WIESNER, Die Wachsüberzüge der Epidermis. Bot. Zeit. 1871, S. 769.

offic. Fig. 185 u. 186) zeigen solche Wachsstäbchen schön. Sie werden hier 1—4 Mik. dick und bis 150 Mik. lang (DE BARY), sind oft an der Spitze hakig oder lockenartig verborgen und liegen meist dicht neben einander. Ausserdem finden sie sich bei anderen *Gramineen* und *Scitamineen*, bei *Heliconia farinosa, Strelitzia ovata,* bei *Sorghum*-Arten.

Die dritte Form, die Schichten oder Krusten, stellen die massigste Anhäufung von Wachs auf der Cuticula dar und hierher gehören denn auch alle die Pflanzen, deren Wachsausscheidungen technisch ausgebeutet werden, wie die *Klopstockia* und *Ceroxylon*-Arten, deren Wachsüberzug am Stamm oft 5 Mm. Dicke erreicht. Bei den Blättern von *Copernicia cerifera* ist die leicht abblätternde Schicht 15—19 Mik. dick, bei *Panicum turgidum* 30 Mik., bei *Euphorbia canariensis* 70 Mik. Aber auch dünnere Wachskrusten kommen vor, so bei dem Laube von *Thuja*, den Stengeln fleischiger *Euphorbien* und *Opuntien,* den Blättern der *Fuchsia globosa* u. a.

Die Wachsüberzüge, besonders die mächtigeren, zeigen oft Streifungen und Schichtungen.

Werden die Wachsüberzüge an jugendlichen, lebenden Pflanzentheilen abgewischt, so können sie regenerirt werden.[1])

Die Ueberzüge treten entweder schon in der frühesten Jugend auf *(Fol. Eucalypti, Carnaubapalme)* oder erst in späteren Entwicklungsstadien *(Saccharumstengel, Strelitziablätter,* Früchte von *Myrica),* das ausgeschiedene Wachs ist zuerst in der Cuticula nachweisbar und tritt aus dieser auf die Oberfläche; in keinem Falle ist eine Spur von Wachs zu finden, welches im Innern der ausscheidenden Zellen vorgebildet und durch die Membran hindurch nach Aussen befördert würde. Eine Umwandlung von Cuticularsubstanz in Wachs findet in keinem Falle statt. Das Wachs der Ueberzüge ist also immer ein Secret (DE BARY) und ist an dieser Stelle nur des Zusammenhanges wegen behandelt worden.

Technisch ausgebeutet wird das Wachs von *Rhus succedanea L.* Samen, Japanwachs; *Myrica cerifera L., carolinensis Willd., caracassana H. et B., quercifolia* etc. Früchte, Myrica- oder Myrthewachs; *Copernicia cerifera Mart.* Blätter, Carnaubawachs; *Ceroxylon andicola H. et B.* Stamm, Palmwachs; *Klopstockia cerifera Karst.* Stamm. *Musa spec.* Pisangwachs.

7. Die Intercellularsubstanz oder Mittelplatte.

Wenn in einer jugendlichen theilungsfähigen Zelle eine Theilungswand auftritt, die dieselbe in zwei neue Zellen zerlegt (Fig. 187), so ist die neue Wand, die sogenannte primäre Membran, homogen und lässt eine Differenzirung in zwei, je einer der beiden benachbarten Zellen angehörende Lamellen nicht erkennen. Erst dann, wenn die Zellen sich verdicken, werden in jeder der neuen Zellen gesonderte Schichten abgelagert. Diese homogene primäre Membran bildet gleichsam ein Netzwerk zwischen den Zellen und man nennt sie daher Intercellularsubstanz. Die Zellen sind durch sie gewissermaassen mit einander verkittet. Oft schon sehr frühzeitig erleidet die primäre Membran eine chemische Veränderung: sie wird in heisser SCHULZE'scher Flüssigkeit löslich. In dieser Eigenschaft der Intercellularsubstanz besitzt man daher ein bequemes Mittel, die Zellen eines Gewebes von einander zu isoliren, denn wenn man ein Gewebe mit obigem Reagens kocht (vergl. S. 5, 9, 25), so wird die die Zellen miteinander verkittende Substanz gelöst und das Gewebe zerfällt in seine einzelnen Elemente, die Zellen. Nicht so allgemein wie die Löslichkeit in SCHULZE'scher Flüssigkeit kommt der Intercellularsubstanz die Fähigkeit zu, gegen concentrirte Schwefelsäure resistent zu sein. So ist die Intercellularsubstanz parenchymatischer

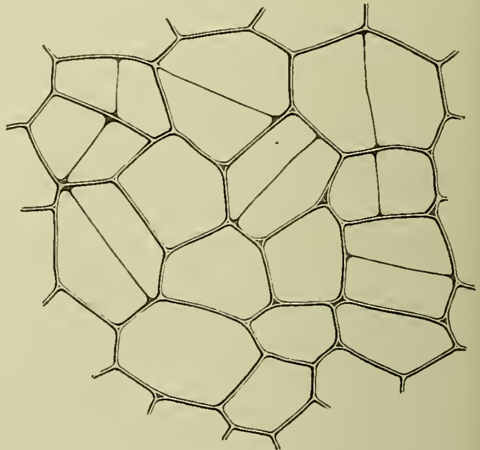
[1]) DE CANDOLLE, Physiol., S. 233. — TREVIRANUS, Physiologie. II, S. 44.

Zellen nicht selten in Schwefelsäure und die der *Florideen* und *Fucaceen* sogar schon in Wasser löslich. Bei allen verholzten Zellgeweben ist sie es niemals und man kann sie daher auf's schönste sichtbar machen, wenn man einen Querschnitt durch den Holzkörper (Fig. 188) oder durch Bastzellgruppen einer beliebigen Pflanze mit Schwefelsäure behandelt: die secundären Verdickungsschichten lösen sich alsdann und die Intercellularsubstanz bleibt als ein zartes Netzwerk zurück.

Auch in heisser Kalilauge löst sich die Intercellularsubstanz, aber viel schwerer als in SCHULZE'scher Flüssigkeit. Anilinfarben werden von ihr meist stark gespeichert.

Sehr eigenartig ist die Intercellularsubstanz bei einigen Algen, z. B. dem *Carageen* und den *Stipites* der *Laminarien* entwickelt (Fig. 189 u. 190). Hier erreicht sie eine erhebliche Dicke, verschleimt schon frühzeitig und löst sich in Wasser. Die *Carageengallerte* entsteht also durch Verschleimung der Intercellularsubstanz; bei der Intercellularsubstanz der *Stipites Laminariae* fand ich schwache Cellulosereaction: Bläuung mit Jodschwefelsäure, beim *Carageen* nicht. Die schmale secundäre Membran besteht bei beiden Pflanzen aus Cellulose, bei den Schleimendospermen verschleimt bisweilen auch die primäre Membran nachträglich und wird dann unsichtbar *(Ceratonia Siliqua, Gymnoclados canadens., Schizolobium exc.)*. Nicht zu sehen ist sie auch bei sehr stark verdickten Geweben *(Phytelephas macrocarpa* [Fig. 53]).

Fig. 187.



In Theilung begriffene Zellen aus der Wurzelrinde von *Taraxacum officinale L.*, die primären Theilungsmembranen noch sehr dünn (Tschirch).

Die Intercellularsubstanz ist immer optisch isotrop (DIPPEL) (auch dort, wo sie sich in Schwefelsäure löst) und auch dadurch unterscheidet sie sich von den übrigen Bestandtheilen der anisotropen Zellmembran. Selten zeigt sie Cellulosereaction, öfter, besonders häufig bei Bastzellgruppen, dagegen reagirt sie auf Phloroglucin, wie verholzte Membranen. Dass sie, wie DIPPEL meint, aus einer gummiartigen Masse besteht, erscheint mir zweifelhaft.

Das was einige Autoren Mittellamelle oder Aussenhaut (WIESNER) oder fälschlich primäre Membran nennen, ist nicht mit der Intercellular substanz oder Mittelplatte identisch und nicht die primäre Membran der Zelle, sondern diese nebst einer ihr innen aufgelagerten schmalen secundären Verdickungsschicht.[1]) Der Irrthum wurde dadurch hervorgerufen, dass die gesammte Mittellamelle ein abweichendes, meist stärkeres, Lichtbrechungsvermögen besitzt wie die übrige Membran. DIPPEL zeigte, dass nur die mittelste Partie der Mittellamelle die Reactionen der Intercellularsubstanz besitzt.[2])

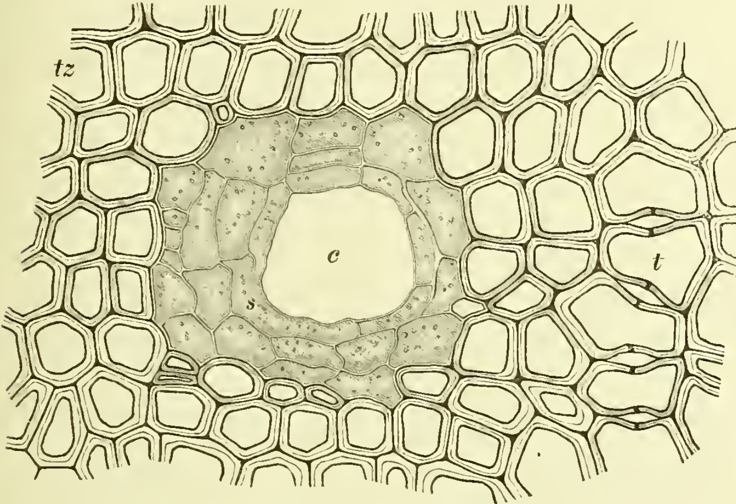
Ueberall dort, wo sich Zellen, die Anfangs zusammenschlossen, in späteren Stadien der Entwicklung von einander lösen, wie dies z. B. bei der Entstehung der Intercellularcanäle und in dem inneren saftigen Gewebe reifer Früchte (*Tamarinden, Wachholder, Apfelsine, Citrone* etc.), aber auch

[1]) Diese schmale äussere Schicht nenne ich „Aeussere Lamelle".

[2]) Die neuere Theorie über die feinere Structur der Zellhülle. Abhandl. d. Senckenb. naturf. Ges. Bd. XI, S. 125.

z. B. bei den Keulenzellen der *Kamaladrüsen* stattfindet, müssen wir annehmen, dass die Intercellularsubstanz resorbirt wird. Auch bei dem gleitenden Wachsthum der Zellen[1]) muss man eine solche Auflösung der primären Membran supponiren, vorausgesetzt, dass man nicht mit SCHENK[2]) annimmt, dass hier, wie bei der Entstehung der Intercellularen, eine nachträgliche Spaltung der Anfangs homogenen Mittelplatte (Intercellularsubstanz) stattfindet. Sicher aufgelöst wird sie bei der Bildung der Schleimhöhlen in der Rinde der *Laminarienstipites* (siehe Excretbehälter).

Fig. 188.



Querschnitt durch einen Harzcanal *(c)* mit umgebendem Gewebe aus dem Holze von *Pinus maritima*. Die Tracheiden *(tr)* lassen deutlich Mittelplatte, secundäre und tertiäre Membran erkennen (Tschirch).

Bei der Gährung und Fäulniss müssen gleichfalls Körper entstehen, die die Intercellularsubstanz lösen, denn wir sehen, dass in gährenden und faulenden Flüssigkeiten die Gewebe gelockert und in ihre Elemente zerlegt werden. So findet man in gegohrenem Tamarindenmuss die Fruchtfleischzellen isolirt und das „Rösten" des Flachses (Einstellen der Leinstengel in faulendes Wasser) hat ja keinen anderen Zweck, als die Gewebe zu lockern und die Isolirung der Bastfasern vorzubereiten.

Die sogenannte Pectosemetamorphose der Intercellularsubstanz[3]), d. h. die nachträgliche Umwandlung derselben in in heissem Wasser und Kali lösliches Pectin bedarf genauerer Untersuchung. Sie wurde beobachtet bei *Rad. taraxaci*, der Runkelrübe und in Früchten. Ob alles Pectin der Pflanze ihr entstammt. ist noch nicht festgestellt. Jedenfalls führt sie dort, wo sie stark auftritt, zu Gallertebildung und Gewebelockerung.

Die neuerdings viel untersuchten Auskleidungen der Intercellularen stehen ebenfalls zu der Intercellularsubstanz in Beziehung (SCHENK) oder stellen gar die gespaltenen Hälften der Mittelplatte dar, die sich nachträglich vergrössert haben. Jedenfalls sind die Auskleidungen nicht cuticularisirt.

Auch die innerste, an das Lumen grenzende, Partie dickwandiger Zellen (Tracheïden und Bastzellen) besitzt oftmals ein anderes Lichtbrechungsvermögen und meist auch eine andere chemische Beschaffenheit als die mittlere Partie und die Intercellularsubstanz. Ich fand sie wenigstens bei sonst stark verholzten Zellen oftmals gar nicht oder nur

---

[1]) KRABBE, Das gleitende Wachsthum bei der Gewebebildung. Berlin 1886.

[2]) Ueber die Auskleidung der Intercellulargänge. Ber. d. deutsch. bot. Ges. III, S. 223; dort auch die Literatur.

[3]) KABSCH, PRINGSH. Jahrb. 3; VOGL, Sitzungsber. d. Wiener Akad. 48 (1863), S. 668; WIESNER, ebenda 1864, S. 450.

schwach verholzt[1] *(Glycyrrhiza)* und WIESNER[2] hat gezeigt, dass sie häufig gegen Chromsäure oder Schwefelsäure relativ resistent ist und sich durch Chlorwasser isoliren lässt. Man nennt diese innerste Partie die Innenhaut, die tertiäre Membran oder das Grenzhäutchen (STRASBURGER). Sie ist zu beobachten bei den Chinabastfasern, der Roabastfaser, bei den Bastzellen der *Quercus*rinde, sowie zahlreichen anderen Bastfasern (vergl. S. 292) und Libriformzellen (vergl. S. 298). In vielen Fällen, wo sie unmittelbar nicht sichtbar ist, wird sie es durch Reagentien. Man sieht alsdann, dass sie auch in die Tüpfelcanäle eindringt. Bei den Zellen der Schleimendosperme der Leguminosen ist bisweilen auch eine Innenhaut zu beobachten. Während die secundären, verschleimten Schichten hier keine Cellulosereaction zeigen, reagirt die tertiäre Membran stets auf Cellulose *(Ceratonia Siliqua, Genista)*.

Fig. 189.



Querschnitt durch die innere Partie eines *Laminaria-stipes*, *m* Markschicht. An allen Zellen ist die Intercellularsubstanz verschleimt (Luerssen).

Fig. 190.



Zellen aus dem *Laminaria-stipes* im Längsschnitt. *i* verschleimte Intercellularsubstanz, *c* secundäre Membran (Luerssen).

[1] Vergl. auch SANIO, Bot. Zeit. 1860 u. 1863.

[2] Untersuch. über die Organisation der vegetabilischen Zellhaut. Sitzungsber. Wien. Akad. Bd. 93, S. 17.

8. Die Pilzcellulose.

Die Membranen der Pilzzellen, sowohl der Hyphen als der Reproductionsorgane geben weder die Cellulosereaction, noch die verholzter, verkorkter oder verschleimter Membranen. Sie färben sich mit Jodschwefelsäure gelb, sind unlöslich in Kupferoxydammon, quellen im Wasser nicht erheblich und sind sehr resistent selbst gegen concentrirtere Säuren und Alkalien.

Auch die Pilzcellulose[1]) scheint jedoch nichts anderes als eine durch Einlagerung einer eigenartigen inkrustirenden Substanz veränderte Cellulose zu sein. Denn, wie K. Richter[2]) gezeigt hat, kann man durch sehr lang anhaltende Behandlung mit verdünntem Kali aus der Hyphenwand einen Körper extrahiren, nach dessen Entfernung die zurückbleibende Membran die Cellulosereaction gibt. Diesen Körper, über dessen chemische Natur wir freilich noch nichts wissen, nenne ich Mycin. Er ist in eine Reihe mit dem Lignin und Suberin zu setzen.

Uebrigens gibt es auch einige Pilze, deren Membranen besonders in der Jugend direct auf Cellulose reagiren[3]), (*Mucor*thallus, *Penicillium*-Perithecien) oder die aus Amyloid, beziehungsweise Lichenin bestehen (ascogene Hyphen).

9. Anderweitige Einlagerungen in die Membran.

Ausser den organischen Einlagerungen in die Membran, die wir in den vorigen Capiteln betrachtet haben — dem Lignin, Suberin, Mycin, Cerin — sind nun unzweifelhaft noch zahlreiche andere Substanzen in die Membran eingelagert.[4]) So haben besonders die Untersuchungen von Wiesner, Krasser u. And. gezeigt, dass Körper, welche die Eiweissreactionen geben, sowohl Eiweiss selbst als andere stickstoffhaltige Körper in der Membran vorkommen, ja darin vorkommen müssen, da ja wenigstens die wasserlöslichen Körper dieser Art von Zelle zu Zelle wandern. Ausser von diesen Substanzen ist aber die Membran stets von anorganischen Salzen durchdrungen. Die meisten Membranen sind sogar so reich daran, dass, wenn man sie vorsichtig verascht, ihre Form unverändert erhalten bleibt (vergl. S. 141). Die Einlagerung ist also eine moleculare, ja für einige, z. B. das Silicium[5]), ist es sehr wahrscheinlich, dass sie chemisch mit der Cellulose verbunden sind. Auch in die Cystolithenmembran (s. oben S. 112) ist das Calkcarbonat molecular eingelagert. Ausser diesen molecular eingelagerten Stoffen haben wir schon oben (S. 111) eine Reihe von Fällen kennen gelernt, wo Salze in Substanz in Gestalt von Kristallen (Calkoxalat) der Membran eingebettet sind. Auf alle diese Verhältnisse bin ich schon oben, bei Behandlung der anorganischen Pflanzenbestandtheile (S. 141) ausführlich zu sprechen gekommen.

Ausser diesen allgemein verbreiteten Einlagerungen gibt es nun aber noch einige, die nur in besonderen Fällen beobachtet werden: Die Einlagerung von Farbstoffen und Harzen in die Membranen der Elemente des Holzkörpers.

Die beiden typischen Fälle dieser eigenartigen Membraninkrustation haben insofern viel Aehnlichkeit mit einander, als sie beide sowohl an

---

[1]) Der Name rührt von de Bary her.

[2]) Beiträge zur genaueren Kenntniss der chemischen Beschaffenheit der Zellmembran bei den Pilzen. Sitzungsb. Wiener Akad. Bd. LXXXIII, I, S. 494.

[3]) de Bary, Pilze, S. 9.

[4]) Vergl. auch meinen Artikel Inkrustation in der Real-Encyklopädie.

[5]) Vergl. auch Miliarakis. Verkieselung lebender Elementarorgane. Bot. Centralbl. XVIII, S. 235.

Wundstellen als im Kernholze vorkommen, also an Stellen, wo die betreffenden Zellen nicht mehr am Leben und aus dem Saftverkehr ausgeschaltet sind. Beide sind der Regel nach begleitet von einer anderen Erscheinung, die weiter unten näher besprochen werden wird (siehe S. 212), nämlich dem Auftreten von Ausfüllungsmassen von Gummi oder Harz in den trachealen Elementen des Schutz- und Kernholzes.[1])

Was zunächst die Infiltration der Membran mit Harz betrifft, so findet sich dieselbe nur bei den Pflanzen, die Harzbehälter besitzen und wird besonders bei älteren Stämmen von Coniferen beobachtet. Die Beschaffenheit, die das Coniferenholz durch diese Infiltration annimmt, ist unter dem Namen Kienholz bekannt. Wie Frank ausführt[2]), ist sie stets ein Zeichen des Absterbens oder richtiger des Abgestorbenseins des davon ergriffenen Holzes. Bei der Lärche und der Kiefer beobachtet man Verkienung stets, sowohl bei den im Stammholze steckenden abgestorbenen Stumpfen alter Aeste, als auch im Kernholze. Ganz allgemein wird Verkienung bei den Coniferen auch an Wunden verschiedenster Art beobachtet.

Die Verkienung geschieht dadurch, dass an Stelle des Wassers Harz in die Membran eintritt. Das zur Verkienung verwendete Harz wird also nicht in der Membran gebildet, sondern dringt von Aussen in dieselbe hinein. Jedenfalls wird die Membran durch diese Harzinfiltration für Wasser unwegsam.

Die Infiltration der Zellmembran mit Farbstoffen finden wir in ausgesprochenster Weise bei den sogenannten Farbhölzern, d. h. dem Kernholze einiger Bäume (*Campeche, Fernambuc, Guajac* u. a.). Der Splint, d. h. das junge lebensthätige Holz dieser Bäume besitzt stets ungefärbte Membranen, während das Kernholz, d. h. die älteren Holzpartien, die — wie schon die Ausfüllungen im trachealen Systeme zeigen — aus dem Saftverkehre ausgeschieden sind, und die meist die Hauptmasse des Stammes bilden, lebhaft gefärbte Membranen zeigen, welche Membranfärbungen nach Praël bei diesen Pflanzen auch an Wundstellen ganz regelmässig im Schutzholze aufzutreten pflegen. Ich glaube Grund zu haben, auch hier eine Entstehung der inkrustirenden Substanz, d. h. also in diesem Falle des Farbstoffes in der Membran in Abrede zu stellen, bin vielmehr der Ansicht, dass auch diese Farbstoffe im Zellinhalte gebildet und von der Membran nur gespeichert werden.[3]) Ob die Infiltration mit Farbstoffen die Membran ebenfalls unwegsam für Wasser macht, bleibt zu untersuchen.

Die den Membranen eingelagerten Farbstoffe des *Campeche-* und *Fernambuc*-Holzes bilden die wichtigsten Farbstoffe unserer Färberei.

Eine sehr eigenartige Membraneinlagerung zeigen zahlreiche Drogen, nicht die frischen Pflanzentheile der betreffenden Pflanzen. Bekanntlich sind die Membranen der dünnwandigen Zellen der Chinarinden, der Zimmtrinden, des Tormentillrhizoms, der Eichenrinde, der Sassafrasrinde und vieler anderer braun. Diese Farbe besitzen sie im frischen Zustande nicht, dagegen finden sich im Zellinhalte Gerbstoffe, resp. Gerbsäuren. Die letzteren zeigen nun (vergl. S. 127) die bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit, mehr oder weniger rasch durch Sauerstoffaufnahme in rothe Körper überzugehen, die Chinagerbsäure in Chinaroth, die Zimmtgerbsäure in Zimmtroth, die Tormentillgerbsäure in Tormentillroth, die Eichengerbsäure in Eichenroth, die Sassafrasgerbsäure in Sassafrasroth u. s. f. — und diese rothen oder rothbraunen Körper, die man unter dem Namen Phlobaphene zusammengefasst hat, werden auf das begierigste von der todten Membran gespeichert. Sie sind so fest mit dieser verbunden, dass sie

[1]) Auf die Analogie zwischen Kernholz und Schutzholz hat neuerdings Praël (Pringsheim's Jahrb. XIX und Dissertation. Rostock 1887) aufmerksam gemacht.

[2]) Handbuch der Pflanzenkrankheiten, S. 77. Vergl. auch Mohl, Bot. Zeit. 1859.

[3]) Vergl. auch Sanio, Bot. Zeit. 1860, S. 202. — Praël; Pringsh. Jahrb. XIX, S. 68.

selbst von alkoholischem Kali nur langsam ihr entzogen werden können. SCHULTZE'sche Lösung entfärbt sie und die Membranen dagegen leicht.

10. Die Schleimmembran.

In zahlreichen Fällen sind die secundären Verdickungsschichten der Membran, seltener die Intercellularsubstanz, verschleimt.

Diese Schleimmembran soll an dieser Stelle schon im Zusammenhange behandelt werden, obwohl es noch nicht ausgemacht ist, ob es nicht eine Anzahl von Fällen gibt, wo die Schleimmembran durch nachträgliche Metamorphose einer ursprünglichen Cellulosehaut entsteht. Die letzteren Fälle wären alsdann eigentlich dem Capitel anzureihen, welches von der Metamorphose der Membran handelt (S. 208). Der Uebersichtlichkeit wegen sollen an dieser Stelle aber alle die Fälle behandelt werden, wo überhaupt Schleim in Form secundärer Membranverdickungsschichten oder als Intercellularsubstanz auftritt. Die Schleimzellen, bei denen der Schleim im Inhalte auftritt (S. 132), die lysigenen Schleimbehälter und die Gummischleimzotten werden an anderer Stelle behandelt werden; erstere bei den Zellinhaltsbestandtheilen, letztere bei den Excretbehältern.

Die Schleimmembran ist generell von den bisher besprochenen Membranen verschieden, denn sie entsteht niemals durch Einlagerung eines andersartigen Stoffes oder Stoffgemisches in eine Cellulosehaut.

Das Charakteristische der Schleimmembran ist ihre meist erhebliche Dicke und ihre meist leichte Quellbarkeit im Wasser, die bis zu vollständiger Lösung darin gesteigert, aber auch bis zu einem geringen Maasse der Quellbarkeit herabgemindert sein kann. Schon bei einer Anzahl von dickwandigen Zellen, besonders solchen, die hygroskopischen Pflanzentheilen angehören, finden wir Cellulosemembranen, die sich durch starke Quellbarkeit auszeichnen (Bastzellen der *Cort. cascarillae*, Epidermis der *Macis*). Diese bilden gewissermaassen den Uebergang zu den Schleimmembranen, welche mit Jod-Schwefelsäure und Chlorzinkjod noch die Cellulosereaction zeigen (Epidermis des *Cydonia*-Samen und *Salvia*-Früchte). An letztere schliessen sich alsdann diejenigen Schleimmembranen an, welche mit Jod allein gebläut werden, also aus Amyloïd bestehen (Cotyledonen der *Tamarindus*-Samen, s. Amyloïd [S. 173]) und das letzte Glied der Kette bilden die Membranen, welche weder durch Jod allein, noch durch Jod-Schwefelsäure gebläut werden, sondern durch beide Reagentien eine Gelbfärbung erleiden: echte Schleime (Endosperm von *Trigonella Faenum graecum*, Epidermis des *Linum*-Samens, *Rad. althaeae*). Schleimmembranen im engeren Sinne sind die Celluloseschleimmembranen *(Cydonia)* und die echten Schleimmembranen *(Trigonella, Linum)*. Sowohl die leicht quellende Cellulosemembran *(Cascarilla)*, wie die Amyloïdmembran *(Tamarindus)* werden an dieser Stelle nicht abgehandelt werden (siehe die Abschnitte Cellulose und Amyloïd und die Tabelle auf S. 204).

Am häufigsten trifft man Schleimmembranen, die durch Jodpräparate nicht gebläut, sondern gelb gefärbt werden.[1]) So werden z. B. die verschleimten secundären Membranverdickungsschichten der Schleimzellen der *Rad. althaeae*, des Endosperms von *Sem. faenugraeci*, der Samenepidermis von *Linum usitatissimum* und *Plantago Psyllium*, der Blüthen und Kelchblätter von *Tilia europaea* und *Malva Alcea*, der *Zimmt*- und

[1]) Vergl. bes. FRANK, Ueber die anatomische Bedeutung und die Entstehung der vegetabil. Schleime. PRINGSH. Jahrb. 5, S. 161 und Journ. f. prakt. Chem. 95, S. 479. — HOFMEISTER, Ueber die zu Gallerten aufquellenden Zellen der Aussenfläche von Samen und Pericarpien. Sachs. Ges. d. Wissensch. Febr. 1858. Dort und bei FRANK die ältere Literatur.

Frangula-Rinde durch Jodschwefelsäure nicht gebläut und durch Jodjodkalium lichtgelb gefärbt. Dabei tritt die bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit hervor, dass die stets unverschleimte primäre Membran der Schleimzelle entweder unmittelbar oder doch jedenfalls nach kurzer Behandlung mit verdünntem Kali die Cellulosereaction zeigt; nur in wenigen Fällen hochgradiger Verschleimung wird auch die primäre Membran nachträglich in Schleim übergeführt (*Tilia*-Blüthen, Blüthen von *Alcea rosea*, *Trigonella Faenum graecum*). Diese durch Jod gelb gefärbten Schleime haben wir als die echten von den sogenannten Celluloseschleimen, die noch die Cellulosereaction zeigen, zu unterscheiden. Die echten Schleime geben bei Oxydation mit Salpetersäure (neben Oxalsäure) Schleimsäure (*Linum, Plantago Psyllium, Rad. althaeae*), die Celluloseschleime liefern bei gleicher Behandlung keine Schleimsäure, sondern nur Oxalsäure (*Cydonia, Salvia*). Auch dadurch sind sie also auf's bestimmteste von einander unterschieden. Die echten und die Celluloseschleime sind in Kupferoxydammon unlöslich, nur der Flohsamenschleim macht eine Ausnahme. Zu den Celluloseschleimen gehört auch der Schleim im Zellinhalte der *Orchis*-Knollen, zu einer besonderen Gruppe der echten Schleime das durch Metamorphose der Membranen und aus zuströmendem Material entstehende Gummi der *Acacien (Gummi arabicum)* und das Kirschgummi, sowie das den secundären Membranverdickungen entstammende des *Tragantstrauches* u. and., sowie der Schleim der Gallertscheiden der Algen.

Fig. 191.



Endosperm des Johannisbrod-Samens (*Ceratonia Siliqua*), die Zellen mit Schleimmembranen (Möller).

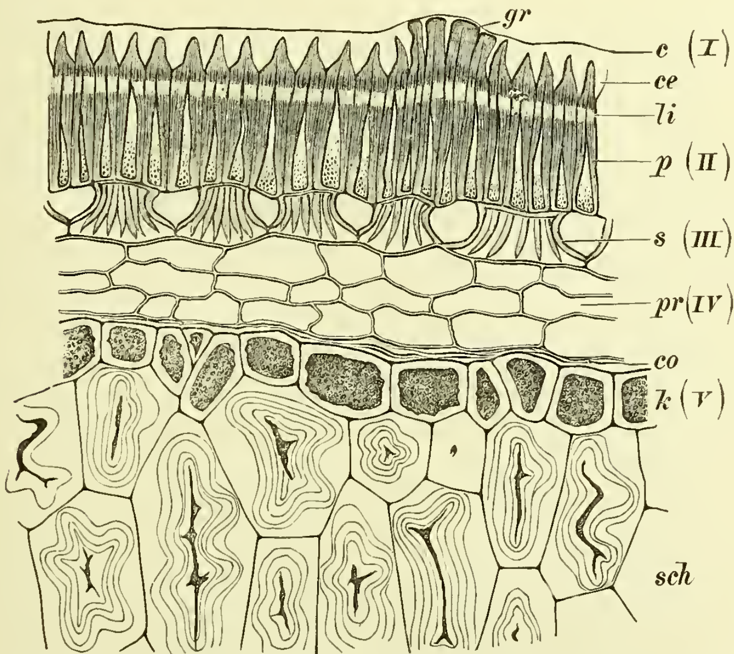
Die Entstehung der von echtem Schleim gebildeten secundären Membranverdickungsschichten ist für alle Schleimpflanzen noch nicht festgestellt, doch scheint es, als ob sie in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle bereits als gallertige Schleimschichten angelegt werden, also eine Metamorphose der Cellulosemembran in Schleim nicht stattfindet. Sicher nachgewiesen ist dies von Frank für *Linum, Plantago Psyllium* und das Rhizom von *Althaea* und von mir und Nadelmann für die Schleimendosperme einiger *Leguminosen*. Auch der Celluloseschleim der *Cydonia* und *Salvia* wird als solcher angelegt. Nachträgliche Metamorphose ist jedenfalls selten und scheint auf die Markzellen der *Tragantsträucher*, die lysigenen Gummigänge und einige andere Fälle beschränkt zu sein. Auch die Gallertscheide der *Algen*, die als eine schlüpferige Hülle z. B. die Fäden der in stehenden Gewässern häufigen *Spirogyra*-Arten aussen umgibt, entsteht (einige wenige noch näher zu prüfende Ausnahmen abgerechnet) nicht durch Umwandlung einer Cellulosemembran und besteht wohl stets aus echtem Schleim, jedenfalls zeigt sie nie die Cellulosereaction, dagegen kommt ihr, wie Klebs zeigte[1], eine complicirte Organisation zu.

---

[1]) Ueber die Organisation der Gallerte bei einigen *Algen* und *Flagellaten*. Arbeiten d. bot. Inst. Tübingen, Bd. II, S. 333. Ueber Schleimbildung der *Desmidiaceen*. Biolog. Centralblatt. 1885, S. 353.

Eine Organisation der verschleimten secundären Membranverdickungsschichten ist unmittelbar nicht immer wahrnehmbar. Wo sie es ist, erscheint sie als Schichtung. Die Schichtung ist wohl in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle auch hier auf einen differenten Wassergehalt zurückzuführen, doch sind auch einige Fälle bekannt, wo (wie z. B. bei den Epidermiszellen der *Sem. Cydoniae*) die Schichtung dadurch hervorgebracht wird, dass in Wasser lösliche mit in Wasser nur quellenden Schichten abwechseln (Frank). Wenn man die Präparate in Wasser legt, so ist in Folge der starken Quellung die Schichtung nur wenig oder gar nicht zu sehen. Deutlich ist sie dagegen bei den Schleimzellen der *Zimmt*-Rinde, der *Althaea*-Wurzel, der *Tilia*-Stiele, der *Althaea*-Blüthen, wenn die Präparate in Alkohol gelegt werden. Bei den Schleimendospermen der *Papilionaceen*-Samen ist die Schichtung auch bei dieser Behandlung kaum

Fig. 192.



Querschnitt durch die Randpartie des Samens von *Trigonella Faenum graec.* *c* Cuticula, *p* Palissadenschicht mit Lichtlinie *(li)*, *s* Trägerzellen, *pr* Parenchym, *k* Kleber-(Oel-)schicht, *sch* Schleimendosperm; die Zellen besitzen dicke geschichtete Schleimmembranen (Tschirch).

wahrzunehmen. Bei *Trigonella Faenum graecum* sah ich sie deutlich, wenn zu dem in Wasser gebrachten Präparate langsam Glycerin zutrat. Ueberall dort, wo die Schleimschichten im trockenen Zustande stark zusammengeschrumpft sind, wie z. B. in den Epidermiszellen der *Cydonia*-, *Sinapis alba*- und *Lein*-Samen, sowie den Schleimzellen der *Buccu*-Blätter sieht man eine Schichtung niemals, wenn man den Schnitt in Alkohol überträgt, denn die Schichten liegen so dicht an einander, dass sie sich nicht deutlich von einander abheben. Lässt man aber zu dem in Alkohol liegenden Präparat erst Wasser und dann Glycerin treten, so werden die Schichten deutlich, da sie durch Wasser mächtig aufquellen.

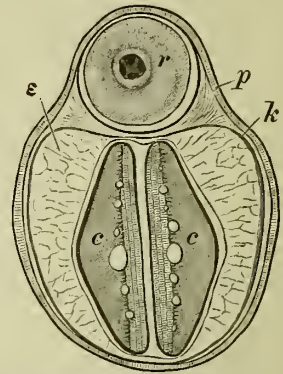
Alkohol fällt auch den Membranschleim körnig.

Celluloseschleime, d. h. Schleimmembranen, welche durch Jod-Schwefelsäure gebläut werden und auch sonst die Cellulosereactionen geben,

sind sehr viel seltener als die echten Schleime. Zu ihnen gehört der Membranschleim, der die Intercellularsubstanz der Zellen der *Laminarienstipites* bildet, ferner der Schleim der *Sinapis*- und *Cydonia*-Samen und der *Salvia*-Pericarpien. Die Bläuung mit Jod-Schwefelsäure ist aber hier niemals eine starke, bei *Sinapis alba* (Fig. 197, 198) und *nigra* (Fig. 194) und den *Laminarien* z. B. nur sehr gering.

Die Theile der Membran, welche verschleimen oder als Schleimschichten angelegt werden, sind verschieden. Die ganze Membran verschleimt bei den lysigenen Gummigängen der *Acacien*, *Amygdalaceen* (siehe S. 211). Die Vergummung scheint hier von den mittleren Membranpartien auszugehen. Nur die Intercellularsubstanz verschleimt bei *Carageen*, *Stip. Laminariae*. Bei den Leimzotten (Colleteren), d. h. den Drüsenorganen, welche eine reichliche Gummiharzaussonderung, besonders an jugendlichen Laubknospen *(Aesculus)*, bewirken (siehe hinten: Drüsen) und diesen die bekannte klebrige Beschaffenheit verleihen, ist es eine unter der Cuticula der Colletere liegende Membranschicht (Collagenschicht) [1], welche verschleimt.

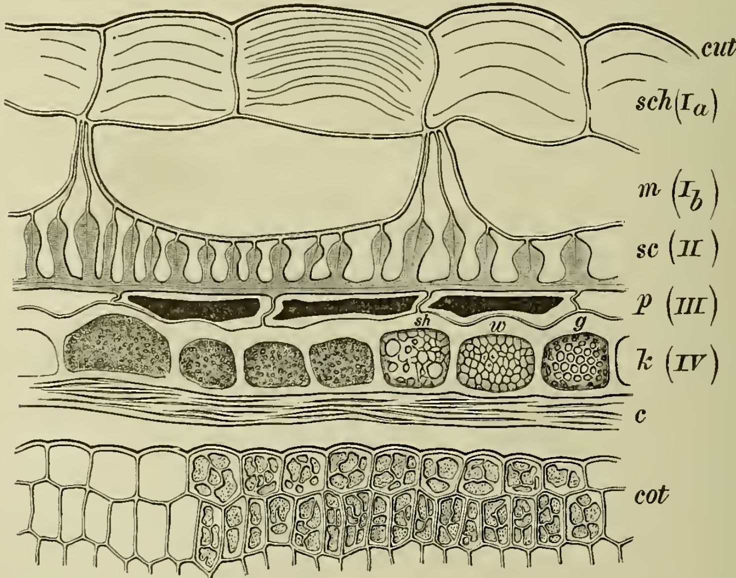
Fig. 193.



Lupenbild eines Samenquerschnittes von *Trigonella Faenum graecum*. *r* Radicula, *p* Palissaden der Samenschale, *e* Schleimendosperm, *c* Cotyledonen (Tschirch).

Der bei weitem häufigste Fall ist der, dass die secundären Membranverdickungsschichten das Gummi liefern *(Rad. althaeae, Flor. malvae arbor.,*

Fig. 194.



Querschnitt durch die Randpartie des Samens von *Melanosinapis nigra*. *cut* Cuticula, *sch (Ia)* Schleimschicht, *m (Ib)* Mittelschicht, *sc (II)* Sclereïdenschicht, *p (III)* Pigmentschicht, *k (IV)* „Kleber"- (Oel-) Schicht, *c* Nährgewebe (collabirt), *cot* Cotyledonargewebe mit Aleuron erfüllt (Tschirch).

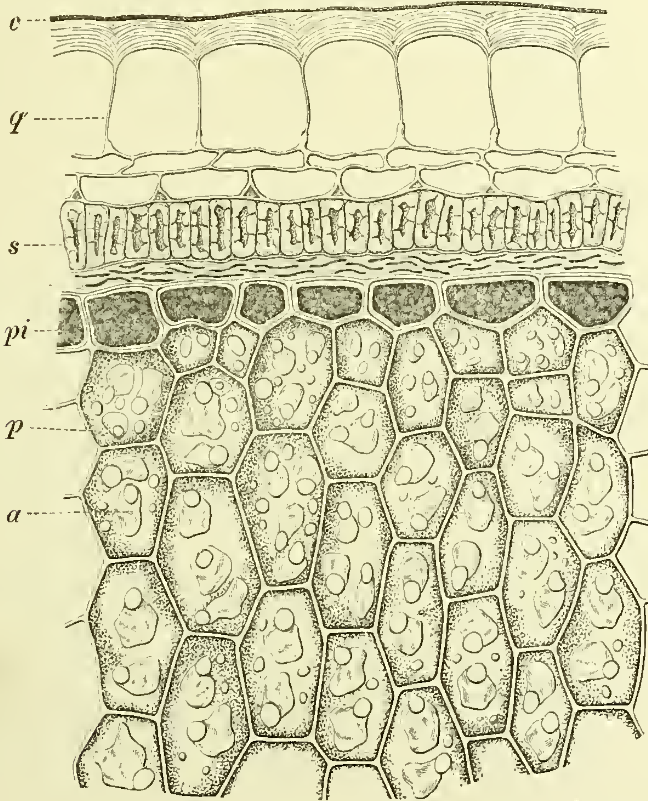
Flor. Tiliae, Endosperm von *Trigonella Faenum graecum* (Fig. 192, 193) und zahlreichen anderen Leguminosen, *Cort. cinnamomi* (Fig. 199, 200), *Cort.*

[1]) κόλλα Leim, γεννάω erzeuge.

frangulae, Cort. Dicypellii, Rinde von *Laurus Camphora*, Samenschale von *Linum, Plantago, Sinapis nigra* und *alba)*. Bei *Tilia* fand ich, Schleimzellen im Inflorescenzstiel, den Deck- und Vorblättern (an den Nerven), in Kelch- und Blüthenblättern, bei *Alcea rosea* in den Blüthen- und Kelchblättern und sogar in dem Griffel und der Staubfadenröhre.

Bei den Epidermiszellen des Samens von *Linum*[1]) (Fig. 195) wird zuerst die Aussenwand der Epidermiszellen verdickt. Schon in diesem ersten Stadium reagirt die secundär aufgelagerte Schicht wie ein echter Schleim, erst später, wenn die Verdickung weit nach innen vorgerückt ist, wird auch die Innenwand mit einer kegelförmig einspringenden secundären Ver-

Fig. 195.



Querschnitt durch die Peripherie des Samens von *Linum usitatissimum*.
q Quellschicht (im gequollenen Zustande), *c* Cuticula, *s* Steinzellenschicht, *pi* Pigmentzellen, *p* Protoplasma und Oel, *a* Aleuron in den Endospermzellen. Die Schleimepidermis ist in dem ersten Stadium ihrer Entwicklung gezeichnet (Tschirch).

dickungsschicht versehen. Der Schleim besteht also aus den secundären Membranverdickungsschichten der Aussen- und Innenwand, vornehmlich ersterer. Stets zeigt die Schleimmembran schöne Schichtung und löst sich leicht in Wasser auf. Die primäre Membran reagirt auf Cellulose. Man kann das Aufquellen der Schleimepidermis des Leinsamens schön verfolgen, wenn man einen Querschnitt in Glycerin legt und langsam Wasser zutreten lässt: die Zellen strecken sich alsdann stark radial und die Schichtung der secundären Schleimschichten tritt fast momentan hervor, um in demselben Maasse, wie der Schleim sich löst, wieder zu verschwinden.

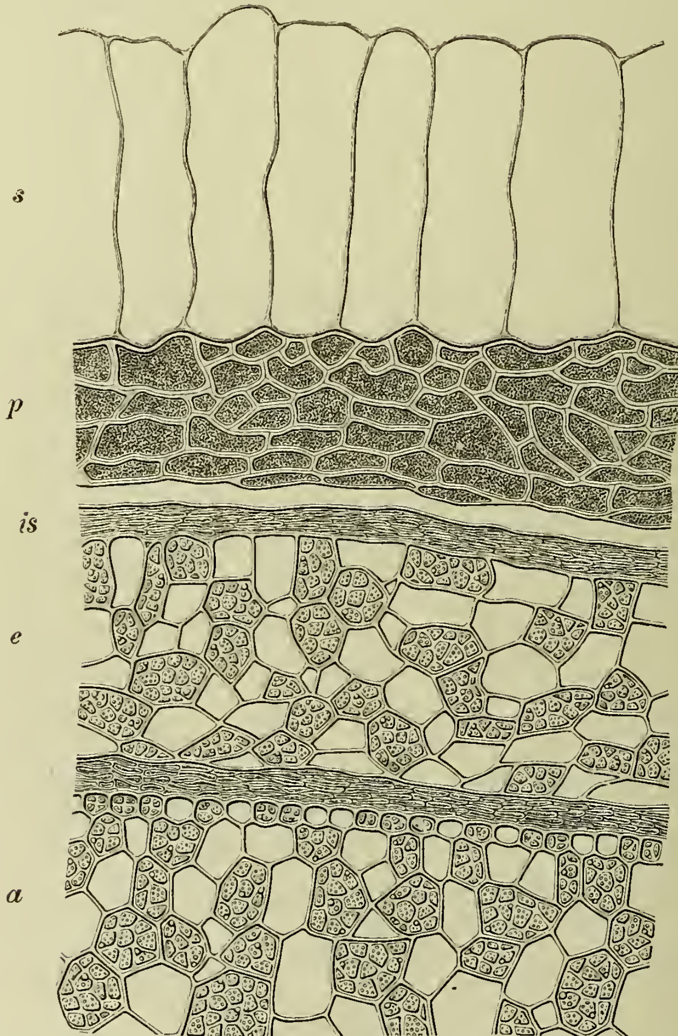
---

[1]) Bez. *Linum* u. d. anderen Schleimepidermen vergl. Frank's Abbildungen.

Bei den Epidermiszellen der *Cydonia*-Samen wird nur die Aussenwand durch Auflagerung von Schleimschichten verdickt, auch hier wird der Schleim nur von den secundären Verdickungsschichten der Membran gebildet und löst sich leicht in Wasser, so dass bei Betrachtung des Schnittes in Wasser die Zellen dünnwandig und leer erscheinen (Fig. 196).

Bei der Samenschalenepidermis von *Teesdalia nudicaulis* wird Aussen- und Seitenwand verdickt, bei *Sinapis nigra* und *alba* scheint es jedoch

Fig. 196.



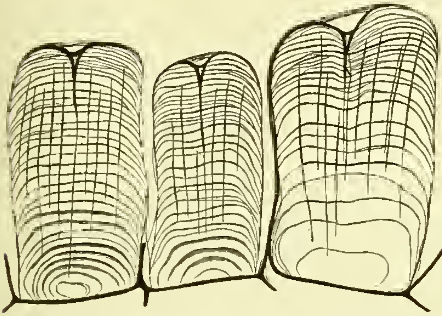
Querschnitt durch die äussere Partie eines Quittensamens.
s Schleimepithel, der Schleim durch Wasser gelöst, *p* Pigmentschicht, *e* Endosperm, *a* Cotyledon. Der Inhalt nur in einigen Zellen gezeichnet (Tschirch).

ebenfalls nur die Aussenwand zu sein, die secundäre Schleimmembranen entwickelt. Schichtung ist sowohl bei dem weissen wie dem schwarzen Senf wahrzunehmen; bei dem weissen jedoch besser als bei dem schwarzen (Fig. 194 und 197).

Bei dem weissen Senf *(Sem. erucae)* geht die Verdickung bis fast zum Verschwinden des Lumens. Lässt man zu einem Querschnitte durch die Schleimepidermis dieses Samens langsam Wasser zutreten, so quillt der

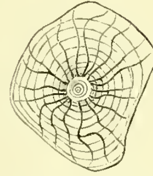
Schleim ausserordentlich stark, Schichtung und radiale Streifung wird deutlich, und der Schleimcylinder zersprengt durch seine starke radiale

Fig. 197.



Schleimzellen der Samenepidermis von *Sinapis alba* im Querschnitt, nach erfolgtem Aufquellen in Wasser. Schichtung (Tschirch).

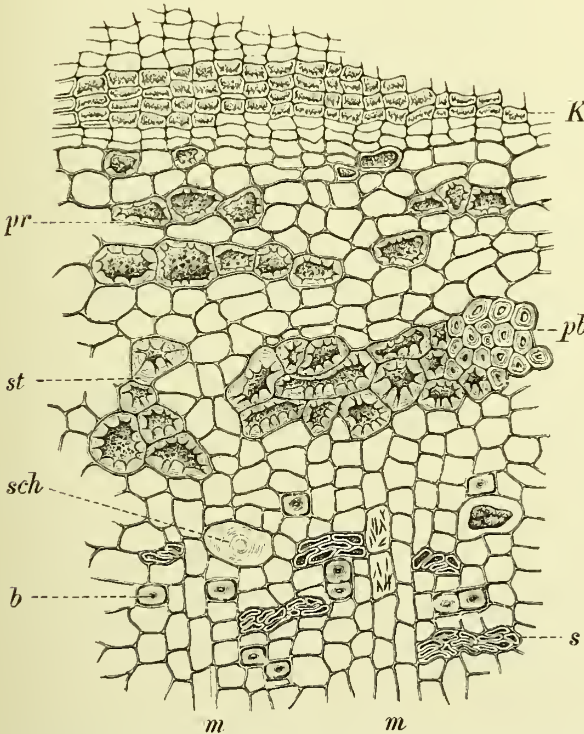
Fig. 198.



Schleimzelle der Epidermis des Samens von *Sinapis alba* von oben gesehen in Wasser. Schichtung und Streifung der Membran (Tschirch).

Streckung die primäre Membran. Die Quellung geht sehr rasch vor sich, und ist in den äusseren Schichten stärker als in den inneren, so dass die Cuticula derselben nicht folgen kann, in der Mitte eingefaltet wird und schliesslich als ein Zapfen tief in den Schleimcylinder ragt (Fig. 197 u. 198[1]). Der Schleim der Schleimepidermis des schwarzen Senf ist sehr viel schwerer in Wasser quellbar wie der des weissen. Selbst in Wasser liegend bleiben die Schichten noch lange erhalten, während sie beim weissen bald zu einer homogenen Gallerte verquellen. Ueberhaupt ist die Quellbarkeit der Schleimmembranen in Wasser und Kali eine sehr verschiedene; während sie z. B. bei *Trigonella* und den meisten Schleimendospermen nur verhältnissmässig gering zu nennen ist, quellen, ja lösen sich die Schleimmembranen der meisten Samenschalenepidermen schon in kaltem Wasser. Da zudem diese Schleim-

Fig. 199.



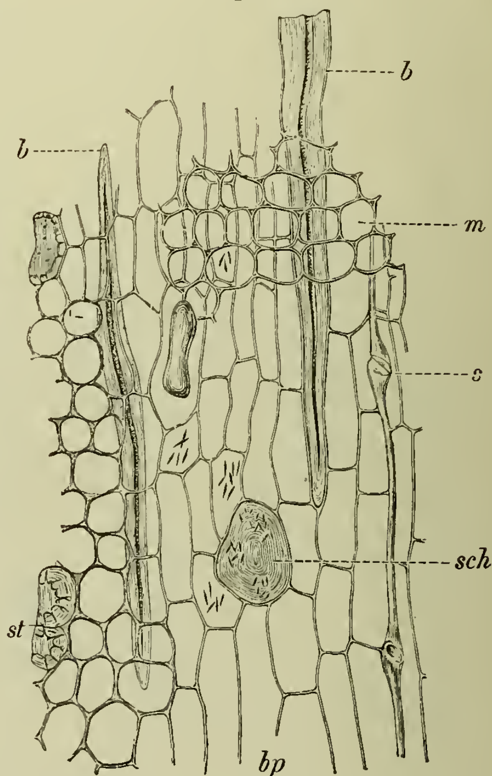
Querschnitt durch chinesischen Zimmt. *K* Steinkork, *pr* Rindenparenchym, *st pb* gemischter Ring, *sch* Schleimzellen, *b* Bastfaser, *s* Siebbündel obliterirt, *m* Markstrahlen. Vergr. 160 (Möller).

[1]) In Möller's Abbildungen (Nahrungsmittel, S. 223) tritt der Schleimcylinder seitlich aus der angeschnittenen Zelle heraus; das Bild wird dadurch unverständlich.

epidermen vom trockenen Samen leicht abschülfern und von dem aufgequollenen Samen sich schon durch Schütteln mit Wasser allein [1]) oder besser unter Zusatz von Glasperlen vollständig ablösen lassen, so ist nichts leichter, als diese Epidermisschleime zu isoliren und von den übrigen Bestandtheilen des Samens zu trennen.

Die Aussenwände der Zellen zeigen Schleimverdickungen (ausser in den oben genannten Fällen) bei den Schleimepidermen der Samen von *Sisymbrium* und *Plantago Psyllium* [2]); vornehmlich die Seitenwände sind mit secundären Schleimverdickungsschichten versehen bei der Schleimepidermis der Samenschalen der *Acanthaceen* und *Polemoniaceen* (Hofmeister), den Pericarpien einiger *Labiaten* und den Haaren einiger *Compositen*-Früchte; nur die Innenwand ist verdickt — aber so stark, dass von einem Lumen der Zellen nichts zu sehen ist — bei den subepidermalen Schleimzellen der *Buccu*-Blätter; die Aussenwände und die Seitenwände (letztere weniger) sind verdickt bei der Schleimepidermis der Samen von *Camelina sativa*; ringsum gleichmässig verdickt sind die Schleimmembranen aller Schleimzellen im Innern des Pflanzenkörpers, so in der *Zimmet*-Rinde, der *Frangula*-Rinde [3]), der *Althaea*-Wurzel (Fig. 201), den Schleimendospermen (*Trigonella Faenum graecum*), in den Blüthen (und Blättern) der *Tiliaceen* und *Malvaceen*. Hier ist die Verdickung fast ausnahmslos eine so starke, dass von dem Lumen nur ein kleiner Punkt oder eine oft verzerrte Linie inmitten der Zelle übrig bleibt (Fig. 192). Daher kommt es, dass man die Bedeutung dieser Schleime als Membranschleime und secundäre Membranverdickungsschichten bisher fast ausnahmslos verkannt hat und nur immer von „dünnwandigen Zellen mit geschichtetem Schleiminhalt“ spricht, was bei Untersuchung von Schnitten, die in Wasser liegen, erklärlich erscheint; denn in Wasser, in dem diese Schleime sich oft leicht lösen (*Althaea*, *Zimmet*), verschwindet das Lumen ganz oder nahezu ganz und die Zelle erfüllt ein Schleimtropfen.

Fig. 200.



Radialschnitt durch chinesische Zimmtrinde. *bp* Parenchym des Bastes, *b* Bastfasern, *st* Steinzellen der Mittelrinde, *sch* Schleimzellen, *s* Siebröhren, *m* Markstrahl. Vergr. 160 (Möller).

Sehr eigenartig sind die Schleimzellen der Rinde von *Cinnamomum Cassia* (Fig. 199 u. 200). Dieselben sind verkorkt und innerhalb der zarten Suberinlamelle liegt die dicke secundäre Schleimmembran. In einigen dieser Schleimzellen ist der Membranschleim ganz geschwunden, in anderen durch

---

[1]) Darauf beruht die Darstellung des Quittenschleimes.

[2]) Vergl. Valenta, Die Klebe- und Verdickungsmittel. Kassel 1884. Fig. 11, S, 81.

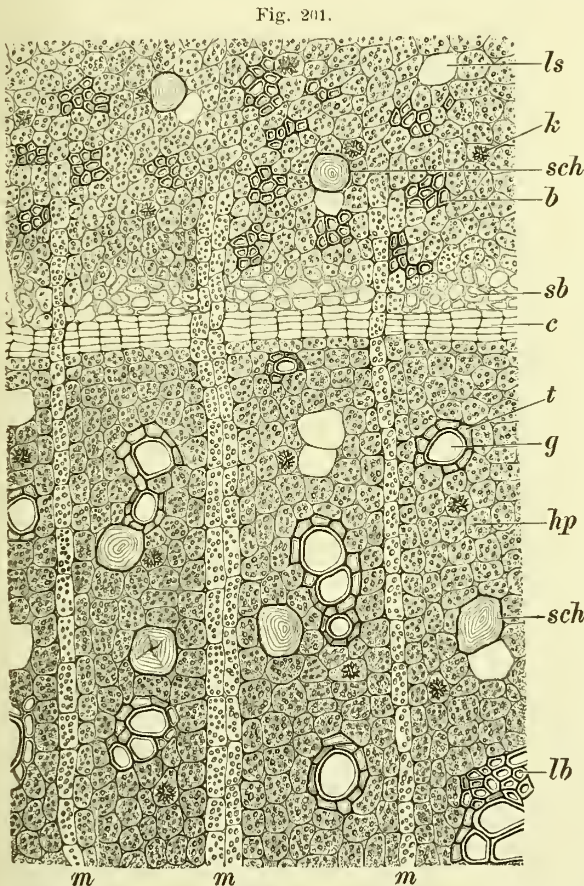
[3]) v. Höhnel (Wien. Akad. Sitzungsber. 1881) erkannte den Sachverhalt bei der *Frangularinde*, Hartig (Erstliche Culturpflanzen, S. 485) hielt sie für Schleimgänge, Vogl (Commentar) für erweiterte schleimführende Siebröhren, Flückiger für intercellulare Schleimgänge.

ein trübes Gemenge von Schleim und ätherischem Oel, in noch anderen durch ätherisches Oel allein ersetzt. Es scheint also, als ob hier ein allmäliger Uebergang des Schleimes in ätherisches Oel Platz greift, jedenfalls aber ein Wechsel im Inhalt stattfindet.

Im Einzelnen ist der specielle Theil zu vergleichen.

Schon oben habe ich erwähnt, dass die Schleimmembranen meist eine schöne Schichtung zeigen. Bisweilen lässt sich aber auch nachweisen, dass sie aus breiten differenten Schichten sich aufbauen, die sich durch ihr verschiedenes Lichtbrechungsvermögen, differentes Verhalten zu Wasser, ja sogar durch eine besondere Structur von einander unterscheiden (*Sinapis alba*, *Teesdalia*). Besonders auffallend ist die gar nicht seltene Erscheinung, dass eine der Schichten in Form eines Spiralbandes entwickelt ist (Spiralfaser Hofmeister's). Derartige Spiralbänder in der Schleimmembran finden sich bei den Samenhaaren der *Ruellien* und *Acanthaceen*, der Schleimepidermis des Pericarps von *Salvia Hormium* und der Testa von *Teesdalia nudicaulis*. Die Spiralfaserschicht ist entweder die innerste, an das Lumen grenzende, Membranschicht (tertiäre Membran, Innenhäutchen), so bei *Salvia*, oder sie wird von einer der mittleren secundären Membranverdickungsschichten gebildet (Samenhaare der *Ruellien* und Schleimepidermis der *Teesdalia*-testa). In letzterem Falle folgt auf die Ringfaserschicht noch eine gleichmässige tertiäre Schicht. Die Spiralfaserschicht reagirt wie die übrige Schleimmembran, wird also z. B. bei *Salvia* mit Jodschwefelsäure blau.

Fig. 201.



Querschnitt durch die am Cambium (*c*) liegende Partie der Wurzel von *Althaea officinalis*, *sch* Schleimzellen (*ls* leere Schleimzelle), *g* Gefässe, *lb* Libriform, *hp* Holzparenchym ebenso wie die Markstrahlen (*m*) und das Phloëmparenchym stärkeführend, *t* Tracheïden, *sb* Siebbündel, *b* Bastfasern, *k* Calkoxalatdruse (Tschirch).

Bei *Salvia* entsteht das Spiralband durch nachträgliche Metamorphose einer Membranschicht.

Sehr bemerkenswerth ist die Entstehung der oft enorm grossen Schleimlücken in den Blüthenblättern der *Malva Alcea* und wohl aller *Malven* und den Kelch- und Blüthenblättern von *Tilia europaea*. Hier wird die Schleimmembran normal durch Auflagerung secundärer Membranverdickungsschichten auf die primäre (Cellulose-)Membran gebildet. Die Verdickung und Verschleimung der Membran ist aber eine so starke, dass

das Lumen fast verschwindet und die Schichtung oft ganz unsichtbar wird. Liegen nun mehrere solcher Schleimzellen neben einander, so verquellen sie bei dem starken Wasserzutritt während der Blüthezeit nicht selten vollständig mit einander, die primären Membranen zerreissen und lösen

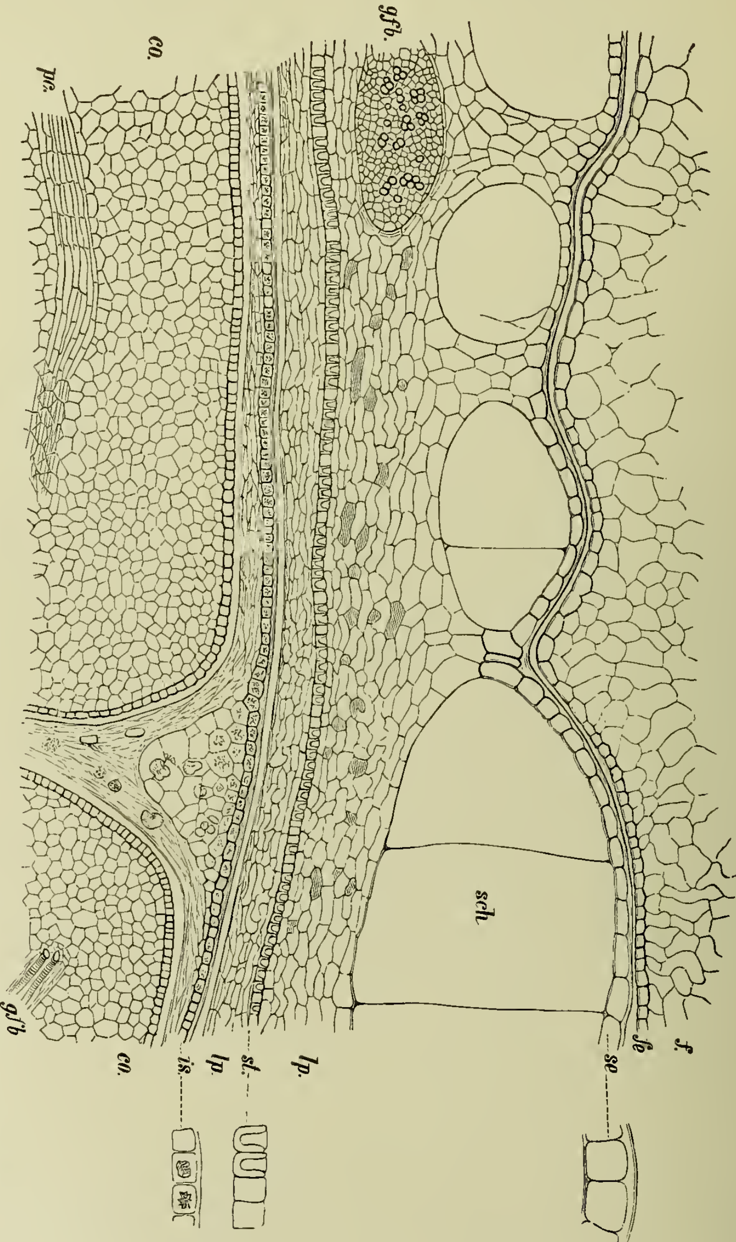


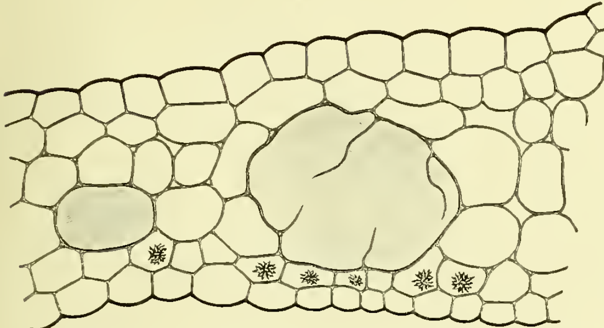
Fig. 202.

Querschnitt durch die Samenschale (mit aufliegendem Fruchtmuss) und die äussere Partie des Samenkerns von *Theobroma Cacao*. Vergr. 45. *f* Fruchtmuss, *fe* innere Epidermis des Fruchtmusses, *se* Epidermis der Samenschale, *sch* Schleimzellen, *p* durchlüftetes Parenchym, *gfb* Gefässbündel, *st* Sclereïdenreihe, *is* innere Samenhaut (mit Fettkristallen), in der Mitte sich zwischen die Cotyledonen einschiebend, *co* Cotyledonen, *pc* Procambiumstrang (Tschirch).

sich zum Theil in der Schleimmasse, und so findet man alsdann scheinbar lysigen entstandene Schleimlücken. Doch habe ich z. B. bei den Blüthenblättern der *Alcea rosea* selbst bei den enormen, 400—550 Mik. weiten Schleimhöhlen noch oftmals die einzelnen Schleimzellen mit ihren gesonderten Schichten wohl erkennen können, bei *Tilia* freilich, wo die Schleimlücken (Fig. 203) in den Blüthen- und Kelchblättern 80—200 Mik. weit

sind, liegt in den Höhlen meist nur ein homogener Schleimklumpen, doch gelingt es unschwer, sich von der Structur auch der *Tilia*-Schleimzellen zu überzeugen, wenn man die Inflorescenzstiele zur Untersuchung heranzieht. Hier ist die Schichtung stets deutlich zu erkennen.

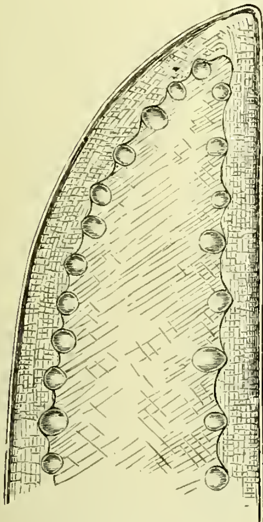
Fig. 203.



Querschnitt durch ein Kelchblatt von *Tilia europaea* mit Schleimzelle und Schleimlücke. Der Membranschleim homogen verquollen (Tschirch).

Obwohl ich in den Schleimzellen der *Cacao*-Samenschale (Fig. 201) Schichtung niemals sehen konnte, so zweifle ich doch keinen Augenblick, dass auch dieser Schleim ein Membranschleim ist, denn in dem ganzen Verhalten der Behälter, besonders in dem Zerreissen der trennenden Membranen etc., gleichen sie denen der *Tiliaceen* und *Malvaceen* vollständig. Demnach wäre also das Vorkommen von Schleim im Zellinhalt auf die *Salep*-Knollen, das Rhizom von *Symphytum officinale,* die Blattstiele von *Tussilago Farfara,* auf *Rhiz. tritici*, die Zwiebeln *(Bulb. scillae)*, die Schleimschichten der *Succulenten (Aloë* [Fig. 204]) und einige wenige andere Fälle beschränkt.

Fig. 204.



Schematischer Querschnitt durch das *Aloë*-Blatt. Das ganze centrale Gewebe führt in den Zellen Schleim als Zellinhalt (Prollius).

In Intercellularen secernirt wird der Schleim bei den schizogenen Schleimgängen der *Cycadeen.* Das Gummi der *Acacien* und *Amygdalaceen*, sowie der *Traganth*-Sträucher verdankt nachträglichen Veränderungen der Membran seine Entstehung.

Eine besondere Form der Schleimbildung ist bei den *Florideen* und *Fucaceen* zu beobachten. Hier tritt der Schleim als Intercellularsubstanz auf (vergl. oben und Fig. 205 und 206).

Bei den höheren Pilzen ist ein „Gallertgewebe oder Gallertfilz“ nichts Seltenes *(Tremelineen, Geaster)*.[1]) Auf der Oberfläche des Hutes findet sich ein solches bei *Amanita muscaria.*

Die Membran der Bierhefe wird durch Kochen mit Wasser in sogenannten Hefeschleim, Sprosspilzschleim ($3(C_6 H_{10} O_5) + H_2O$) übergeführt.

Sehr häufig tritt in den Zellen, in denen secundäre Schleimverdickungsschichten gebildet werden, oder in der Nachbarschaft derselben, vor der Schleimablagerung reichlich Stärke auf. Bei den Schleimepidermen scheint dies die Regel zu sein. Bei den Schleimendospermen dagegen liegt in der Mitte der Zelle für gewöhnlich ein Schleimtropfen. Die Stärke liefert das Material für die Schleimmembran und wird in demselben Maasse gelöst, wie sich die Membran verdickt.

Ein möglichst klares Bild von der stofflichen Natur und der morphologisch-anatomischen Bedeutung der wichtigsten Schleime mag folgende Tabelle geben.

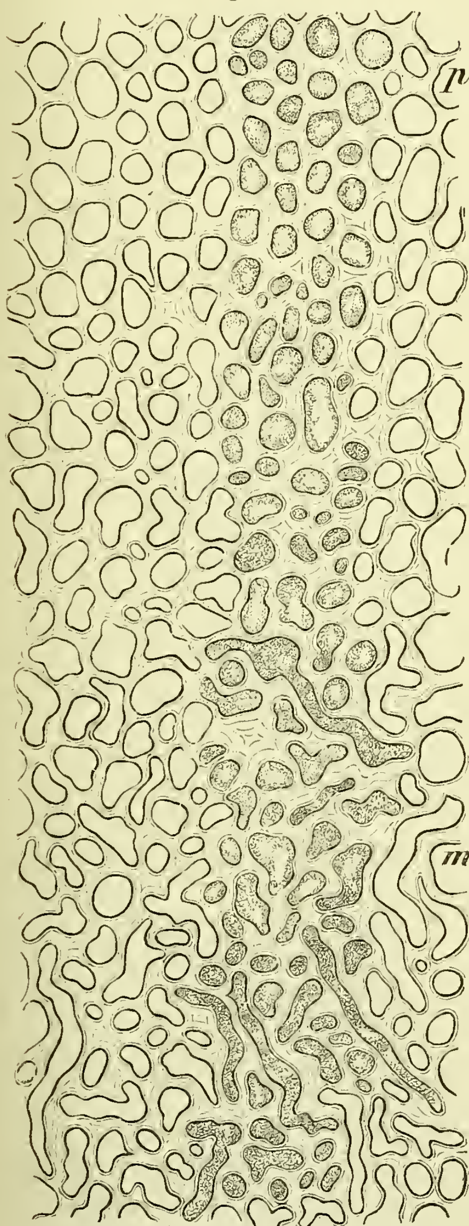
---

[1]) de Bary, Morphologie und Biologie der Pilze.

	In Form secundärer Membranverdickungsschichten	Aussenwand der Membran	Als verschleimte Intercellularsubstanz (primäre Membran)	Als Zellinhalt von distincten Schleimzellen	Als Inhalt ganzer Gewebe	Als Inhalt schizogener Excretbehälter	In lysigenen Räumen
Celluloseschleim	Schleimepidermen: *Cydonia*-Samen, *Salvia*-Frucht, *Sinapis nigra* und *alba*.	—	*Laminariastipites.*	Schleimzellen der *Orchis*-Knollen	—	—	—
Echter Schleim und Gummi	1. Schleimepidermen: Samen von *Linum, Plantago.* 2. Subepidermale Zellen: *Buccu*-Blätter. 3. Schleimendosperme: Leguminosen: *Trigonella Faenum graec., Ceratonia Siliqua, Gymnocladus canadens., Cassia Fistula, Schizolobium, Gleditschia, Tetragonolobus, Indigofera, Medicago* u. and. 4. Einzelne Schleimzellen (oder Gruppen) in anderen Geweben: *Rad. althaeae, Cort. cinnamomi, Cort. frangulae, Flor. tiliae, Malvaceen*-Blüthen, *Sem. Cacao,* (?) *Loranthus, Viscum.*	Algenfäden (*Spirogyra*). Aussenschichten der Hyphen vieler fädigen Mycelien. Die subcuticulare Membranpartie: Bei den Colleteren (Leimzotten) und einigen blasigen Hautdrüsen. Diese und die trennenden Wände bei den Zwischenwanddrüsen (siehe Excretbehälter).	*Carageen* u. a. Algen; nachträglich verschleimt bisweilen die Intercellularsubstanz bei den Schleimendospermen und bei *Tilia* und den *Malvaceenblüthen*	Gummizellen in der Inflorescenzaxe der *Hagenia abyssinica (Kusso).*	Rhizom von *Symphytum* und *Agropyrum repens.* Succulente: *Aloë.* Zwiebeln: *Allium, Scilla.* Algen. Hierher gehört auch das Schutzgummi.	*Cycadeen, Marattiaceen,* einige *Sterculiaceen* und *Araliaceen.* In schizo-lysigenen Höhlen: Rindenschicht der *Laminarienstipites.*	1. In der Rinde: *Gummiacacien* (bes. *Acacia Senegal*, *Moringa pterygosperma, Cochlospermum gossypium.* 2. In Rinde und Holzkörper: *Prunus Cerasus* u. and. *Amygdalaceen; Herminiera Elaphroxylon.* 3. In Mark und Markstrahlen: *Traganth* 4. Unbekannt: Kuteragummi (*Sterculia urens*).
Amyloid	Samen von *Tropaeolum, Hymenaea Courbaril, Tamarindus, Paeonia, Balsamina, Primulaceen* (vergl. S. 173)	—	—	—	—	—	—

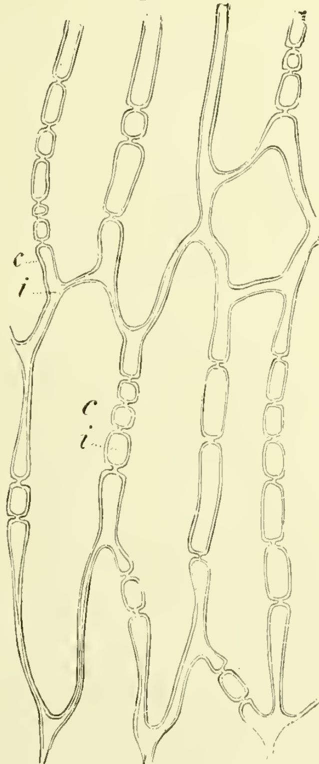
Ueber die Function der Schleime und Gummata, sowohl der im Zellinhalte vorkommenden, wie der Membranschleime wissen wir noch wenig. Ueber die Schleiminhalte bei *Orchideen, Symphytum* und den *Succulenten* habe ich schon oben (S. 124) das sicher Ermittelte mitgetheilt. Bezüglich der Membranschleime in den Wurzeln *(Rad. althaeae)* dürfte das Gleiche gelten wie von dem *Salep*-Schleim: sie sind Reservestoffe, wenn schon es an Untersuchungen darüber fehlt, ob sie wirklich im Frühling gelöst und verwendet werden und eigentlich nicht einzusehen ist, warum die Pflanze neben der colossalen Masse von Stärke noch in einigen besonderen Zellen ein anderes Kohlehydrat speichert. Vollständig im Unklaren sind wir über die Bedeutung der Membranschleime in den Rinden *(Cort. cinnamomi)*. Dass man z. B. bei der *Zimmet*-Rinde sehr häufig die Schleimzellen entleert findet, scheint freilich auch hier auf einen Verbrauch zu deuten. Vielleicht dienen beide auch als Wasserspeicher. Sicher Reservestoff ist der Membranschleim in den Schleimendospermen der *Papilionaceen*-

Fig. 205.



Querschnitt durch den mittleren Theil eines *Laminaria*-Stipes (*m* Markschicht). Schleim im Zellinhalt und als verquollene Intercellularsubstanz (Luerssen).

Fig. 206.

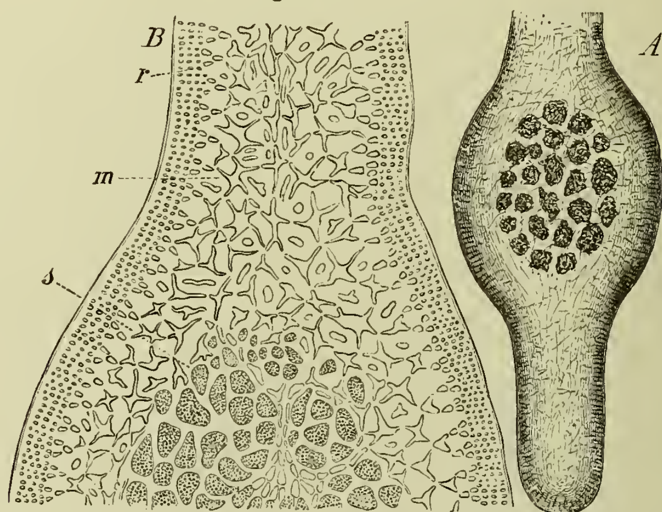


Zellen eines *Laminaria*-Stipes im Längsschnitt, *i* verquollene Intercellularsubstanz. *c* schmale secundäre Membran (Luerssen).

Samen *(Trigonella Faenum graecum, Cassia Fistula* u. a. [siehe Tabelle]). Die Schleimepidermen der Samen *(Linum, Cydonia, Plantago Psyllium, Sinapis)* dienen, wie mir Versuche zeigten, dazu, den Samen im Boden zu befestigen und spielen auch vermöge ihrer wasseranziehenden Kraft bei der Wasserversorgung der Keimpflanze sicher eine grosse Rolle.[1]) Der Wasserversorgung, resp. der Erhaltung des zugeführten Wassers, also als Wasserreservoirs, dienen auch die eigenthümlichen, an den Gefässbündelendigungen zu Gruppen angeordneten Schleimzellen der Blätter von *Viscum* und *Loranthus*[2]), deren Schleim gleichfalls in Form secundärer Membranverdickungen auftritt, sowie die merkwürdigen subepidermalen Schleimzellen der *Buccu*-Blätter[3]), deren Stammpflanzen die trockenen Gebiete des Caps bewohnen und anderer Pflanzen.[4]) Der in letzteren sich abspielende Mechanismus ist im speciellen Theile beschrieben (s. *Fol. Buccu)*.

Chemisch sind die Gummiarten und Schleime nur unvollkommen untersucht, doch dürfen Arabin, Bassorin und Cerasin (Metarabin-

Fig. 207.



Carrageen. Querschnitt durch ein reifes Cystocarp *(s)*. *m* Markschicht, die Zellen mit verschleimter Intercellularsubstanz, *r* pseudoparenchymatische Rinde (Luerssen).

säure), die sich in vielen Gummiarten finden, als leidlich gut definirte Körper gelten. Chemische Individuen sind die Gummiarten nicht, sondern stets Gemenge, in denen ausser den oben genannten Körpern auch noch mannigfache andere, dem Zellinhalte entstammende Stoffe, wie Eiweisskörper, Stärke (bisweilen), Salze etc., vorkommen. Selbst das Drehungsvermögen der einzelnen Gummisubstanzen, die im Gemenge miteinander das Gummi bilden, ist verschieden.

Das Arabin (besonders in dem Acaciengummi, aber auch in zahlreichen anderen Pflanzen enthalten) ist stets eine Verbindung der Arabinsäure ($C_{12}H_{22}O_4$ oder $C_{98}H_{142}O_{74}$) mit alkalischen Erden, meist Calk. Im *Gummi arabicum* ist sie an Calk, Kali und Magnesia gebunden (Neubauer). Sowohl in ihrem chemischen Verhalten, besonders verdünnten

---

[1]) Vergl. Klebs, Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung. Unters. d. bot. Inst. Tübingen. Bd. I, S. 581.

[2]) Marktanner-Turneretscher, Zur Kenntniss des anatom. Baues unserer *Loranthaceen.* Wiener Akad. 1885.

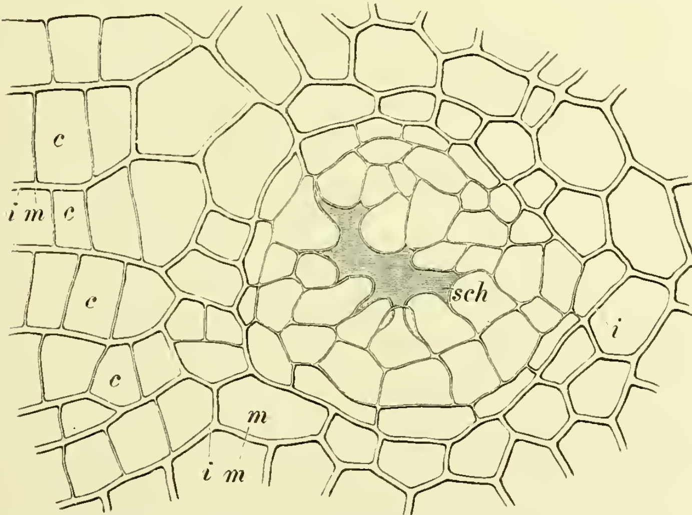
[3]) Vergl. auch Flückiger, Schweiz. Wochenschr. f. Pharmacie. 1873.

[4]) Radlkofer, Monographie der Gattung Serjania. 1875, S. 100.

Säuren gegenüber (wobei Glucosen entstehen), als auch in ihrem Verhalten gegen das polarisirte Licht (einige drehen rechts, andere links) zeigen die Arabinsäuren verschiedener Provenienz Unterschiede, die wohl darauf deuten, dass es mehrere Arabinsäuren gibt. Die bei der Invertirung entstehenden Körper (Arabinose, Gummicose, Lactose) zeigen ein verschiedenes Verhalten. Darnach theilt BAUER die Gummi- und Stärkegruppe ein. Es liefern bei der Inversion:

1. Dextrose: Stärke, Lichenin, Cellulose.
2. Levulose: Inulin, Levulin.
3. Lactose: Galactin
   a) in den Leguminosenfrüchten *(Luzerne)*,
   b) in *Agar-Agar*,
   c) in einigen Sorten arabischen Gummis, besonders den viel Schleimsäure liefernden.

Fig. 208.



Schizo-lysigener Schleimgang *(sch)* im Querschnitt aus der Rinde eines dicken *Laminaria-stipes*, *i* verschleimte Intercellularsubstanz, *m* dünne secundäre Membran, *c* „Cambium" (Tschirch).

4. Arabinose: Arabin
   a) im *arabischen Gummi*,
   b) im *Kirschgummi*,
   c) im *Traganth*,
   d) im Gewebe der *Runkelrübe* und *Möhre*, in den Modificationen von Pectinstoffen (Metapectinsäure, FREMY[1]).

Nach STÄDELER soll ein mit dem Arabin übereinstimmender Körper auch im Thierreich vorkommen. NEUBAUER und FREMY gelang es, Cerasin in Arabin überzuführen. Ob das in zahlreichen Pflanzen vorkommende Gummi mit dem Arabin identisch ist, erscheint fraglich, nur für das Gummi des Rübensaftes ist die Identität nachgewiesen (SCHEIBLER).

Das Arabin lässt sich schwer von den anhängenden Mineralsubstanzen befreien. Nach GRAHAM gelingt dies noch am leichtesten durch Dialyse der mit Salzsäure angesäuerten Lösung. Aus *Möhren* und *Runkelrüben* hat man einen dem Arabin ähnlichen Körper, das Pararabin,

[1]) Bez. der Pectine vergl. das Capitel: Metamorphose der Membran.

dargestellt ($C_{12} H_{22} O_{11}$), welches auch im *Agar-Agar* enthalten ist. Arabin wird vom Organismus wenigstens zur Hälfte resorbirt. Es ist in Wasser löslich, unlöslich in Alkohol und Aether. Salpetersäure bildet aus Arabin Schleimsäure (neben Wein- und Oxalsäure). Durch Wärme (100—150°) geht trockenes Arabin, ebenso wie durch concentrirte Schwefelsäure in eine glasartige Masse über, die in Wasser nur aufquillt, sich nicht darin löst. Das Product heisst Metarabinsäure oder Cerasin. Es ist ein Bestandtheil der Rüben (als Calksalz), des Kirsch-, Pfirsich- und Pflaumengummis und ist der Regel nach mit Arabin gemengt. Mit Schwefelsäure gekocht, liefert Cerasin Arabinose, mit kohlensauren Alkalien gekocht, geht es unter Abscheidung von Calkcarbonat in Lösung (Unterschied von Bassorin).

Bassorin (Adragantin), $C_6 H_{10} O_5$ oder $C_{12} H_{20} O_{10}$, ist dem Cerasin ähnlich (nach Einigen damit identisch [?]). Es ist in kaltem Wasser unlöslich oder sehr schwer löslich (FLÜCKIGER), quillt aber in heissem Wasser auf. Es ist enthalten im *Traganth-*, dem *Bassora-*, *Acajou-* und *Simarubagummi*, sowie dem Gummi von *Cactus opuntia*. Vom Arabin lässt es sich durch Behandeln mit kaltem Wasser trennen. Die durch Inversion aus dem Bassorin entstehende Glucose soll nicht gährungsfähig sein. Salpetersäure bildet ebenfalls (neben Oxalsäure) Schleimsäure.

Demgemäss kann man also die Gummiarten eintheilen[1] in:

1. Arabinsäurehaltige, mit viel Arabin und wenig Metarabinsäure und Bassorin: *Acaciengummi*, echtes *ostindisches Gummi*, *Acajougummi*.
2. Metarabinsäurehaltige, Gemenge von Metarabinsäure und Arabin: *Amygdalaceengummi (Kirsch-, Pflaumen-, Mandeln-, Aprikosengummi)*.
3. Bassorinhaltige, vorwiegend bassorinhaltig mit wenig Arabin, resp. einer diesem nahestehenden Substanz: *Traganth*, *Bassora-*, *Kutera-*, *Cocos-*, *Chagual-*, *Moringagummi*.
4. Metarabinsäure- und Bassorinhaltige: Gummi von *Cochlospermum gossypium*.
5. Pflanzenschleime:
   a) stets unlöslich in Alkalien und verdünnten Säuren: Quittenschleim;
   b) stets unlöslich in Alkalien, mit Säuren Glucose und eine Art Dextrin bildend: Leinsamen- und Carageenschleim;
   c) in heissen concentrirten Alkalien löslich, durch Säuren in Glucose und Pectin übergehend.

Die Löslichkeit und Quellbarkeit der Schleime und Gummata in Wasser ist eine ausserordentlich verschiedene. Während z. B. der Carageenschleim schon in kaltem Wasser sich löst, ist das Schutzgummi nicht nur gänzlich unlöslich in Wasser, sondern quillt nicht einmal darin auf. Zwischen diesen Extremen finden sich alle Uebergänge.

II. Rückschreitende Metamorphosen[2] der Membran (Desorganisation).

Die Cellulosemembran, sowie die verholzte Membran können Metamorphosen erleiden, die man, da bei ihnen die organisirte Zellhaut in unorganisirte, amorphe Substanzen übergeführt wird, meist als „rückschreitende Metamorphose“ bezeichnet hat. Dieser Ausdruck hat insofern eine Berechtigung, als bei den Processen, die zur Bildung der Membran führen, unorganisirte Substanzen in organisirte übergeführt werden, bei

[1]) Vergl. bes. VALENTA, die Klebe- und Verdickungsmittel. Kassel 1884.

[2]) Ich behalte diesen WIGAND'schen Ausdruck bei, doch soll mit dem Worte „rückschreitend“ nicht gesagt sein, dass bei dieser Metamorphose die Membran in Stoffe übergeführt werde, aus denen sie hervorging.

der Metamorphose dagegen gewissermassen der umgekehrte, also rückschreitende Process sich abspielt.

Die Membran kann eine Metamorphose in Gummi und eine solche in Harz oder ölartige Körper erfahren, aber nur die erstere geht von der Membran selbst aus. Beide führen in ihrer extremsten Erscheinungsform zur Entstehung lysigener Gummi-, beziehungsweise Harzräume.

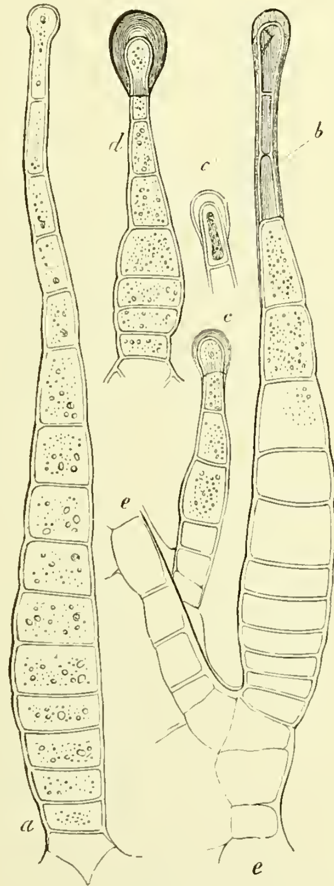
Die Gummischleimmetamorphose der Membran ist in ihrer einfachsten Form auf die secundären Membranverdickungsschichten beschränkt. Nur die letzteren verschleimen und die primäre Membran bleibt unverändert. In dieser Form ist die Membranmetamorphose sehr selten und auf einige Endosperme beschränkt.

Fig. 209.



Stieldrüse vom Blatte von *Hyoscyamus niger*. Die Collagenschicht hat die Cuticula blasig abgehoben und gesprengt, das Secret überzieht den Drüsenkopf (Tschirch).

Fig. 210.



Spindelförmige Drüsenhaare von *Cistus creticus*. *a* vor Beginn der Secretion, *b* u. *c* die Collagenschicht hebt die Cuticula ab, die Harzaussonderung beginnt, *d* die Cuticula durch ausgeschiedenes Secret (*Ladanum*) blasig abgehoben (de Bary).

Der so entstandene Membranschleim zeigt die Cellulosereaction nicht, gehört also zu den echten Schleimen.

Die zweite Form ist die, welche wir bei den meist Gummiharz absondernden Colleteren[1]) oder Drüsenzotten der Laubknospen (besonders

[1]) κολλήτηρ Beleimer, Bekleber.

an Vorblättern, Nebenblättern und Blattscheiden), aber auch an zahlreichen anderen secernirenden Trichomen beobachten. Hier wird, wie Hanstein[1]) nachwies, an den terminalen oder diesen und zugleich an anderen peripherischen Zellen der Drüsenzotte oder dem terminalen Kopfe des Trichoms, die unter der Cuticula liegende Membranpartie, die sogenannte Collagenschicht, in Gummischleim übergeführt — es verschleimt also eine mittlere Partie der Aussenwand. Diese Verschleimung bewirkt das bei allen diesen Trichomen beobachtete blasige Abheben der Cuticula (Fig. 209, 210) und erst nachdem dieses eingetreten, beginnt die Harzabsonderung aus den terminalen oder peripherischen Zellen in den zwischen Epidermisaussenwand und Cuticula liegenden Raum, woselbst sich beide, Harz und Gummi, mit einander mischen und den Knospenleim, die Blastocolla[2]) bilden. Die Gummosis geht der Resinosis also stets vorher. Bisweilen wird die Collagenschicht sogar erneuert und verschleimt dann wiederum, so dass eine lang andauernde Schleimbildung platzgreift (secernirende Trichome von *Viola)*.

Bisweilen greift schon hier die Gummosis in die Seitenwandungen der peripherischen Zellen hinüber, ja bei den secernirenden Trichomen von *Sambucus, Lonicera, Viburnum* und den *Corylineen* fallen ihr gar ganze Zellen anheim, so dass wir schon hier den Uebergang zu den lysigenen Gummidrusen angedeutet finden.

Diese Gummidrusen entstehen auf zweierlei Weise. Entweder vergummen besonders vorgebildete Zellencomplexe, oder die Gummosis erfasst Zellen des normalen Gewebes.

Der erstere Fall findet sich im Holze der *Amygdalaceen* (Kirsche, Pflaume, Aprikose, Pfirsich) und führt beispielsweise beim Kirschbaum zur Bildung des Kirschgummis.[3])

Hier werden im Cambium oftmals statt der normalen Elemente des Holzkörpers Gruppen von parenchymatischen Zellen (abnormes Holzparenchym) erzeugt, deren Ausdehnung nicht selten eine ganz erhebliche ist, und die oft von Markstrahl zu Markstrahl reichen. Diese Gruppen sind für gewöhnlich rund, treten oft bogig in die Rinde hervor und zeigen bisweilen eine Anordnung in concentrischen Zonen. Die centralen Zellen der Gruppe sind oft beträchtlich grösser als die peripherischen. Sehr bald nach der Bildung dieser Holzparenchymgruppen tritt auch die Gummibildung im Centrum derselben unter Desorganisation der dort liegenden Zellen ein und schreitet nach der Peripherie zu fort (Fig. 211). Die Gummibildung geht an jeder Zelle in centripetaler Richtung vor sich: zuerst wird die primäre Membran und zuletzt die inneren Schichten von aussen nach innen aufgelöst. Oft findet man gleichzeitig Zellen in allen Stadien der Umwandlung nebeneinander. Im letzten Stadium sieht man die Zelle nur noch als dünne innerste Membranschicht mit der ursprünglichen Zellhöhle in die homogene Gummimasse eingebettet (Frank). Nicht selten verschmelzen mehrere benachbarte Gummidrusen zu einer grösseren.

Während diese Processe sich im Holzkörper abspielen, tritt Gummosis auch in der Rinde ein. Wie sie dort beginnt, bleibt für die *Amygdalaceen* noch zu untersuchen. Wahrscheinlich verläuft der Process analog wie bei *Acacia* (s. unten). Jedenfalls werden hier aber keine abnormen

---

[1]) Ueber die Organe der Harz- und Schleimabsonderung etc. Bot. Zeit. 1868, S. 697.

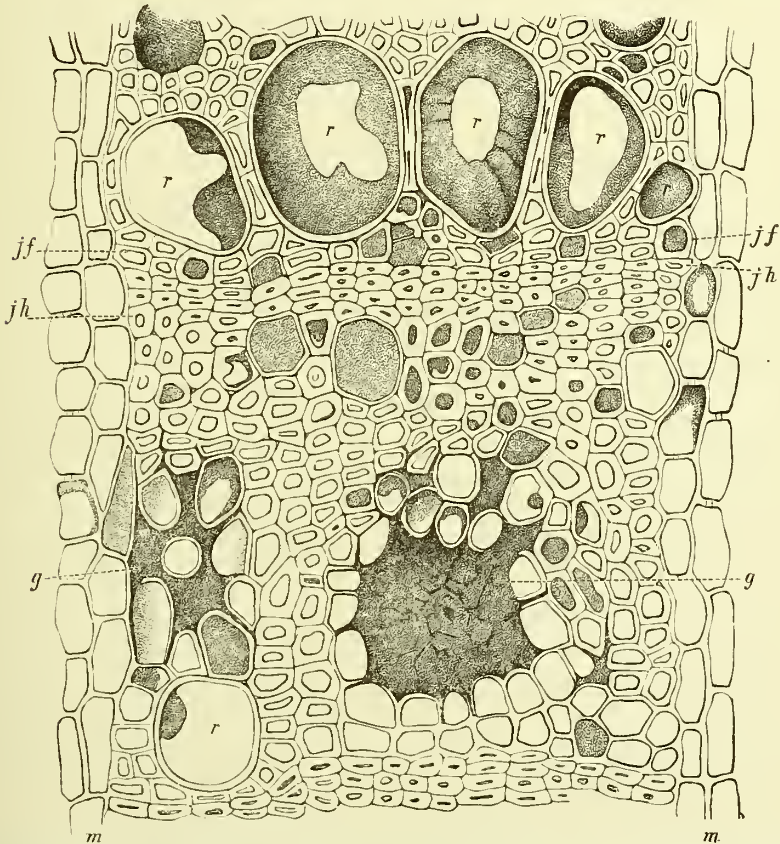
[2]) βλαστός Spross, Knospe; κόλλα Leim.

[3]) Wigand, Ueber die Desorganisation der Pflanzenzelle. Pringsh. Jahrb. III, S. 115. — Frank, Ueber die anatom. Bedeutung u. die Entstehung vegetab. Schleime. Pringsh. Jahrb. V, S. 25 und Handb. der Pflanzenkrankheiten, Fig. 11 u. 12. — Vergl. auch Karsten, Bot. Zeit. 1857, S. 319. — Trécul, Sur la maladie de la gomme. Compt. rend. 1860, S. 621. — Prillieux, Compt. rend. 1874, S. 1190. Étude sur la formation de la gomme. Ann. sc. nat. 6 Ser. 1, 1875. — Tschirch, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1888. — Siehe auch die Literaturzusammenstellung in Behrens' Hilfsbuch, S. 314.

Gewebe vorgebildet, sondern das Phloëmparenchym, Siebröhren, Cambiform, ja selbst Bastfasern vergummen nach und nach, endlich wird auch das Cambium selbst in die Gummose hineingezogen, so dass an diesen Stellen ein secundäres Dickenwachsthum nicht mehr stattfinden kann. Die Hauptmenge des Kirschgummis entstammt der Rinde.

Tritt nun feuchte Witterung ein, nimmt also die Pflanze viel Wasser aus dem Boden auf, so quellen die Gummimassen im Innern des Holzes und der Rinde stark auf und pressen sich, sobald dann auf die feuchte Zeit Trockenheit folgt, die Rinde sich also zusammenzieht, durch letztere hindurch, durchbrechen das, übrigens selbst niemals vergummende, Periderm und treten als klare Gummimassen an die Oberfläche der Baumrinde.

Fig. 211.



Gummibildung im Kirschholz, *g* lysigene Gummidrusen, *r* mehr oder weniger mit Gummi erfüllte Gefässe, *m* Markstrahlen, *jf* Jahressring, Frühjahrsholz, *jh* Jahresring, Herbstholz (Tschirch).

Dass die Menge der vergummenden Membranen nicht hinreicht, um die ausserordentlich grossen Massen von Gummi, die aus der Rinde austreten, zu liefern, hat schon Frank betont. Man ist nach den bisher darüber gemachten Beobachtungen berechtigt, anzunehmen, dass auch andere Kohlehydrate, als die Cellulose der Membran, sowohl solche, die in den vergummenden Zellen enthalten waren, wie auch solche, die ihnen vom normalen Gewebe zugeführt wurden, sich an der Gummibildung betheiligen. Stärkekörner, die im Vergummungsprocesse begriffen sind, findet man z. B. in den Gummidrusen häufig. Da alle diese Stoffe im normalen Leben der Pflanze noch Verwendung gefunden hätten, durch die Ueberführung in

Gummi aber, da dies Gummi als Excret zu betrachten ist, also nicht wieder verwendet wird, aus dem Stoffwechsel ausscheiden, so muss durch die Gummosis, besonders wenn sie in sehr umfassendem Maasse auftritt (Gummifluss), nothwendig eine Schädigung der Pflanze eintreten (Gummikrankheit) und man hat daher das durch Desorganisation entstehende Gummi als pathologisches Gummi[1]) bezeichnet. Legt man der Bezeichnung die Art der ersten Entstehung zu Grunde, so nennt man es „Membrangummi". [2])

Auch in den Früchten der *Amygdalaceen* entsteht oft (besonders bei der Pflaume) Gummi. Auch dieses, zwischen Stein und Fruchtfleisch gebildete, Gummi ist durch Desorganisation entstanden (Wigand).

Ausser der eben besprochenen Gummischleimgenese kommt nun bei den *Amygdalaceen* im Holzkörper noch eine zweite Form vor. Man findet nämlich oftmals im normalen Holze zahlreiche Gefässe und Tracheïden mit Gummi erfüllt (Fig. 211). Dasselbe verdankt, wie Frank (gegenüber Prillieux) nachwies, ebenfalls der Membran seine Entstehung. Hier sind es aber die secundären Membranverdickungsschichten, die in Gummi übergeführt werden. Diese Form der Gummose scheint nicht zur Entstehung von Gummihöhlen zu führen, sondern immer auf die Zellen selbst, in denen das Gummi entsteht, beschränkt zu bleiben.

Frank unterscheidet beim Kirschgummi folgende Gummibildungsweisen:

a) Gummibildung unter Desorganisation der secundären Membranen der Elemente des normal gebauten Holzkörpers.
b) Gummibildung unter Resorption eines in abnormer Menge erzeugten Holzparenchyms.
c) Gummibildung unter Desorganisation des Rinden-Gewebes.
d) Umbildung der Stärkekörner in Gummi.

Durch Vergummung von Holzparenchymgruppen mitten im Holzkörper scheint auch das Gummi von *Herminiera Elaphroxylon* zu entstehen.

Ganz anders wie die eben besprochenen Gummigenesen verläuft die Gummibildung beim sogenannten „Schutzholz". Schneidet man nämlich einen Ast eines unserer Laubhölzer ab, so tritt an der Wundstelle auf eine kurze Strecke in den trachealen Elementen, besonders den Gefässen, eine Ausfüllungsmasse auf, die sich in den meisten Fällen als ein gummiartiger Stoff erweist und die Zellen so vollständig ausfüllt, dass ein hermetischer Verschluss erzeugt wird. Wegen dieser seiner physiologischen Rolle bei Verwundungen habe ich dem Stoffe den Namen „physiologisches Gummi" gegeben. Passend kann man es auch „Schutzgummi" [3]) nennen (Frank). Dies Gummi wird (vergl. S. 125) wahrscheinlich von den benachbarten Holzparenchym- und Markstrahlenzellen in die Gefässe secernirt, ist in Wasser nicht quellbar, verhält sich aber gegen Salpetersäure wie die echten Schleime. [4]) Jedenfalls entsteht es nie durch Membranmetamorphose, sondern tritt stets im Zellinhalte auf. Seiner wurde daher schon oben (S. 125) gedacht. Bisweilen tritt an Stelle des Gummis auch Harz als Ausfüllungsmittel auf („Schutzharz").

Wie neuere Untersuchungen [5]) gezeigt haben, sind die im Kern-

---

[1]) Flückiger-Tschirch, Grundlagen der Pharmakogn., S. 145.

[2]) Tschirch, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1888, S. 3. — Zum Membrangummi gehört auch der oben (S. 193) behandelte Membranschleim.

[3]) Kernstoff, Xylochrom Hartig's. Das Schutzgummi zeigt für gewöhnlich deutliche Ligninreaction.

[4]) Temme, Ueber Schutz- und Kernholz etc. Landwirthsch. Jahrbücher. 1885, S. 465.

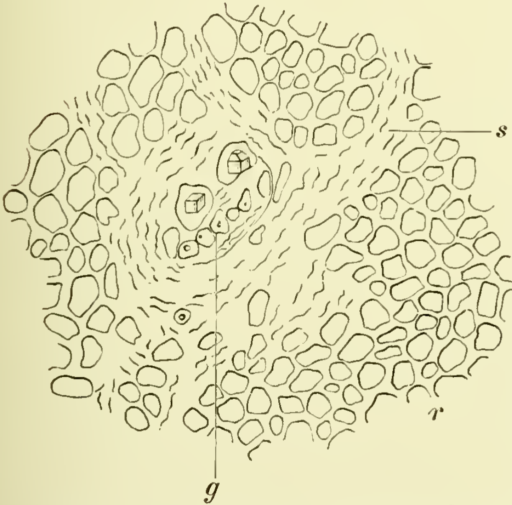
[5]) Praël, Vergl. Unters. über Schutz- und Kernholz der Laubbäume. Pringsh. Jahrb. XIX. — Vergl. auch Gaunersdorfer, Beiträge zur Kenntniss der Eigenschaften und der Enstehung des Kernholzes etc. Wiener Akad. Sitzungsber. 1882, S. 9.

holze auftretenden Ausfüllungen des trachealen Systems ganz analoge Bildungen wie das Schutzgummi. Auch diese entstehen nicht durch Membranmetamorphose, auch diese verfolgen den Zweck, die Elemente zu verschliessen. Hier ist nur der Grund der Entstehung ein anderer. Es werden nämlich nach einiger Zeit die ältesten Elemente des Holzkörpers aus Gründen, die wir zunächst nicht klar übersehen, die aber jedenfalls zu einer Einengung der Leitungsbahnen führen, aus dem Saftverkehr ausgeschieden. Diese Ausschaltung geschieht dadurch, dass die Gefässe und bisweilen auch die Tracheïden mit Gummi oder Harz verstopft werden. Solche Verstopfungen finden wir in schöner Ausbildung bei dem Kernholze des *Guajac-*, *Campeche-* und *Fernambuc*-Holzes.

Die Kernhölzer zeigen der Regel nach gleichzeitig auch eine eigenthümliche Färbung der Membranen. Das Kernholz des *Guajac* ist braungrün, das der *Campeche* und des *Fernambuc* roth, das der Ebenhölzer schwarz, das von *Morus* gelb, das von *Copaifera* rothbraun.

Bei der Gummibildung in den das *Gummi arabicum* liefernden *Acacien* (*Acacia Senegal* u. a.) sind es normale Elemente der Rinde, die vergummen.[1]) Die Vergummung schreitet auch hier von Aussen nach Innen centripetal vor. Zuerst wird die primäre Membran und dann erst die secundären Membranverdickungsschichten in Gummi übergeführt. Die Gummibildung beginnt im sogenannten „Hornbastprosenchym oder Keratenchym“ Wigand's, d. h. in den obliterirten Siebsträngen (Siebröhren und Cambiform Fig. 212), und, wie mich Untersuchungen an gutem Material lehrten, auch in dem Phloëmparenchym der secundären Rinde und dehnt sich alsdann auch auf die übrigen Elemente der Rinde aus; doch werden hier die Bastfasern nur selten in den Process mit hineingezogen. Bei anderen Rinden ist dies häufiger der Fall.[2])

Fig. 212.



Beginn der Gummosis in einem Keratenchymstrange der Rinde von *Acacia Senegal* (bei *g*). *s* verquollene Keratenchymbänder, *r* Phloëmparenchym (J. Möller).

Ich bin (mit Frank) geneigt, auch die Gummibildung bei den *Acacien* als einen quasi pathologischen Process anzusehen, denn, wenn es wirklich, wie J. Möller meint, ein normaler, der Borkenbildung vergleichbarer Process wäre (ein auch sonst unzutreffender Vergleich), so müsste man ihn allenthalben antreffen. Es scheint jedoch, dass es häufig Bäume gibt, die keine Gummibildung zeigen und die, welche sie zeigen, zeigen sie nicht überall.

Auch hier kann, ebensowenig wie bei dem Kirschgummi, die gesammte Gummimasse einer Gummidruse aus der Membranmetamorphose hervorgegangen sein, auch hier wird also auch von anderen Geweben herbeigeführtes Material in Gummi umgewandelt.

---

[1]) Wigand, Desorganisation der Pflanzenzelle. — Möller, Ueber die Entstehung des Akaziengummi. Wiener Akad. 1875, S. 219 (mit 1 Tafel).

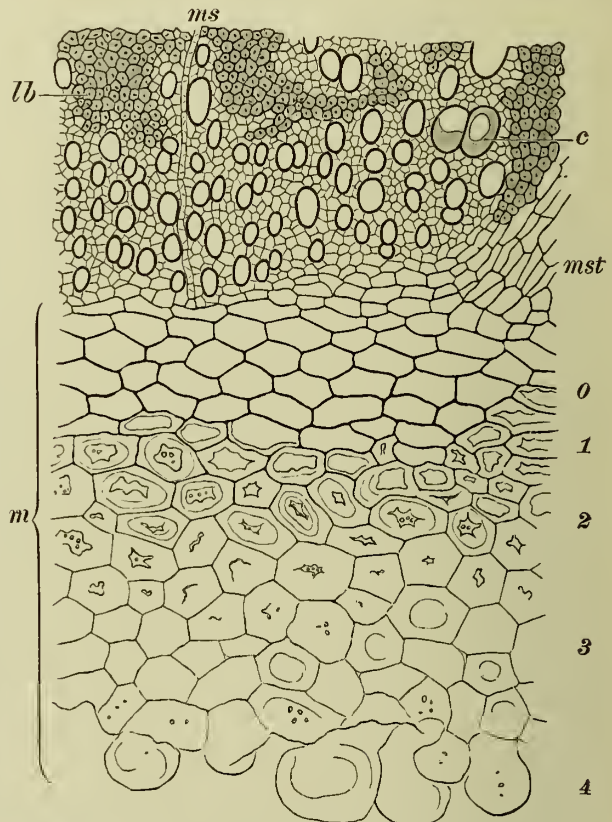
[2]) Möller, Die *Eucalyptus*-Rinde. Zeitschr. d. österr. Apothekervereines. 1875.

Uebrigens soll, nach Möller's Angaben, auch in der *Acacien*-Rinde, und zwar in der sogenannten Mittelrinde, ein dem Kirschgummi ähnliches Gummi gebildet werden.

Auch beim Acaciengummi erfolgt das reichlichste Auftreten bei Eintritt der trockenen Periode und während dieser.

Bei der *Traganth*bildung (Fig. 213) ist nur das Mark und in zweiter Linie die Markstrahlen betheiligt.[1]) Die Traganthbildung hebt in den inneren Partien des Markes an. Die anfangs dünnwandigen Zellen bekommen nach und nach immer dickere Membranen, die deutlich Schichtung zeigen und in Wasser gallertig aufquellen. Bei weiter vorgeschrittener Metamorphose verschwindet die Schichtung und die Membran erscheint als homogene Gallerte. Nun vergummt auch die am längsten als zartes Netzwerk zwischen den Gallertmassen sichtbar bleibende primäre Membran, die Zellen lösen sich von einander und fliessen endlich zu einer Gallerte zusammen. Nach und nach schreitet die Vergummung nach aussen vor und wenn das ganze Mark vergummt ist, so setzt sich der Process in den breiten Markstrahlen fort. Tritt nun nach einer feuchten Periode Trockenheit ein, so werden die im Innern gequollenen Gummimassen durch die Markstrahlen und die Rinde (entsprechend der Form und Richtung der ersteren meist in Gestalt von Bändern [Blättertraganth] hervorgepresst. Einschnitte mögen den Austritt erleichtern. Eine reichliche Traganthgewinnung ist also nur dort möglich, wo Regenperioden mit solchen grosser Hitze abwechseln.

Fig. 213.



Querschnitt durch das Mark und den inneren Theil des Holzkörpers von *Astragalus gummifer*, im Mark *(m)*: *0, 1, 2, 3, 4* die successiven Stadien der Verschleimung zeigend, *mst* Hauptmarkstrahl, *lb* Libriform, *c* Gefässe mit Gummitropfen (Tschirch).

Da bei dem Herauspressen des Traganthschleimes auch noch nicht vollständig vergummte Zellen mitgerissen werden, so findet man in der Handelswaare häufig noch mehr oder weniger deutlich erhaltene Zellen mit schöner Membranschichtung, ja sogar, nicht selten noch kleine, dem Inhalte der verschleimenden Zellen angehörende Stärkekörner (Fig. 214).

---

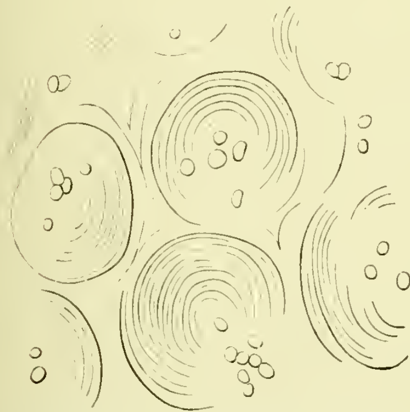
[1]) Mohl, Untersuch. über die Entstehungsweise des Traganthgummi. Bot. Zeit. 1857, S. 33.

Die Traganthbildung geht also von den secundären Membranverdickungsschichten aus und schliesst sich daher zunächst an die Entstehung der secundären Schleimmembranen der Schleimendosperme und Epidermen an (S. 193). Jedenfalls verdankt der Traganth ausschliesslich einer Membranmetamorphose seine Entstehung, ist also generell von dem Acaciengummi verschieden.

In lysigenen Höhlen entsteht auch das Gummi von *Moringa pterygosperma*. Auch dieses scheint gänzlich einer Membranmetamorphose zu entstammen, worauf die zellige Structur der Stücke des Handels deutet [1]), die noch exquisiter zu Tage tritt wie die des *Traganth*. Das Gleiche gilt bez. der Entstehung vom *Kuteragummi* und wohl auch dem von *Cochlospermum gossypium*.

Eine nachträgliche Metamorphose von Zellmembranen, ein Auflösen derselben in den, zunächst als secundäre Membranverdickungsschichten angelegten, Schleimen, findet sich bei den Schleimhöhlen der *Tiliaceen* (z. B. den Blüthen und Kelchblättern der *Flor. tiliae* [2]) (Fig. 203) und den Samenschalen des *Cacao* [3]) (Fig. 202).

Fig. 214.



Querschnitt durch den Smyrnaer *Traganth*. Die Schichtung der Schleimzellen und kleine Stärkekörner deutlich sichtbar (Tschirch).

Schon oben bei der Besprechung des Kirschgummis habe ich darauf hingewiesen, dass die Quantität der vergummenden Membran nicht hinreicht, um die enorme Gummiproduction zu erklären und dass man annehmen muss, dass auch andere, dem Orte der Gummibildung zugeführte Stoffe an der letzteren theilnehmen. Wie wir uns aber den chemischen Process selbst zu denken haben, ist sicher noch nicht festgestellt. Jedenfalls bedarf es keiner tiefgreifenden chemischen Processe, um die isomeren Kohlehydrate Cellulose, Stärke und Schleim in einander überzuführen. Ob bei der Umbildung der Cellulosewand in Schleim, wie bei der Bildung der Schleime und Gummata überhaupt, wirklich Fermente mitwirken, wie Wiesner [4]) meint, ist noch genauer festzustellen, ganz unwahrscheinlich ist es nicht. Die Wiesner'sche Reaction zeigt jedoch zunächst nur, dass in den Gummiräumen Fermente überhaupt auftreten; ob diese dort auftretenden Fermente Kohlehydrate in Schleim umzuwandeln im Stande sind, ist nicht erwiesen. Dass auf Orcin reagirende Fermente auch anderwärts als in Schleimräumen vorkommen, habe ich für das Endosperm des Weizen mikrochemisch nachgewiesen. Dass Pilze nicht die Ursache der Gummosis der *Amygdalaceen* und *Acacien* sind, wie Beijerinck darzuthun bemüht ist [5]), scheint mir sicher zu sein. Beijerinck schreibt den Ursprung des arabischen Gummis, die

[1]) Valenta, a. a. O., Fig. 10.

[2]) Frank, Beiträge zur Pflanzenphysiologie. Taf. II, Fig. 6.

[3]) Tschirch, Der anatom. Bau des *Cacao*-Samens. Archiv d. Pharm. 1887. — Idem, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1888, S. 3.

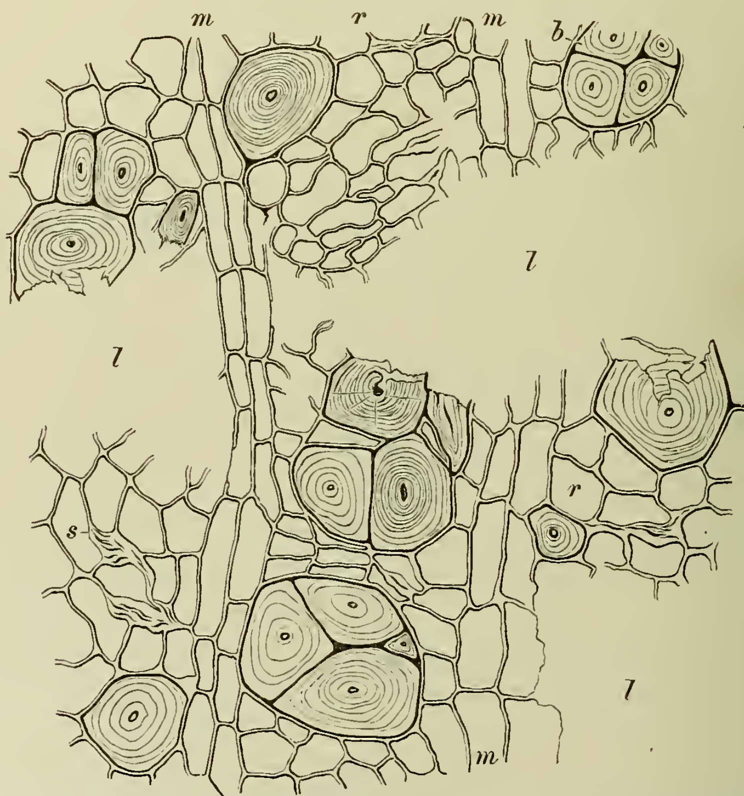
[4]) Ueber das Gummiferment, ein neues diastatisches Enzym, welches die Gummi- und Schleimmetamorphose in der Pflanze bedingt. Wiener Akad. 1885, S. 41. Wiesner weist das Ferment durch 4% Orcin-Salzsäure und gelindes Erwärmen nach. Er fand es überall dort, wo Gummi und Schleim auftritt, im *Amygdalaceen*-Gummi, dem arabischen Gummi, bei *Moringa*, *Swietenia*, *Myrrha*, *Asa foetida*, *Linum*, *Cydonia*, *Plantago*, im Schutzholz.

[5]) Onderzoekingen over de Besmettelijkheid der Gomziekte bij planten. Amsterdam 1884, mit 2 Tafeln.

Gummosis der *Acacien* Afrikas dem Pilze *Pleospora gummipara Oudemans*, die Gummose der *Amydalaceen* dem *Coryneum Beijerinckii Oud.* zu.

Die Umwandlung der Membran in Harz habe ich neuerdings einer systematischen Bearbeitung unterzogen [1]) und bestätigen können, was schon Frank und Dippel in einigen Fällen nachgewiesen hatten, dass die Resinose niemals, wie die Gummibildung, von der Membran selbst ausgeht; sondern das Harz stets im Inhalte von Zellen gebildet wird und die Membranen erst nachträglich in die Harz-, beziehungsweise Oelmetamorphose mit hineingezogen werden, so z. B. bei der Entstehung der lysigenen Oelbehälter bei den *Aurantieen*, z. B. den *Fol.* und *Fruct. aurantii*, dann bei den *Copaifera*-Arten (Fig. 216). bei der *Benzoëpflanze*, bei *Eperua falcata*, den Harzgallen u. and. (vergl. auch hinten lysigene Excretbehälter).

Fig. 215.



Lysigene Harzhöhle aus der Rinde von *Styrax Benzoin*. *m* Rindenstrahlen, *r* Phloëmparenchym, *s* obliterirte Siebbündel, *l* Harzlücken (Tschirch).

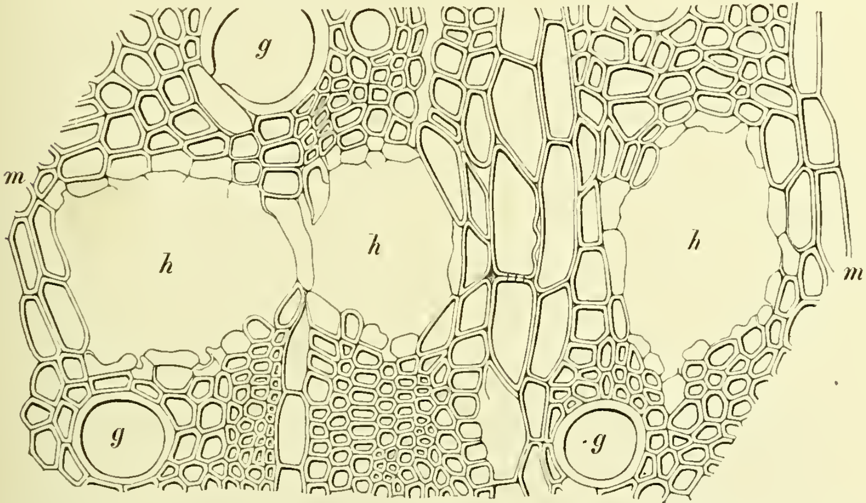
Bei *Styrax Benzoïn* z. B. geht die Umwandlung der Membran in Harz in folgender Weise vor sich. In einigen Rindenstrahlzellen der secundären Rinde vermehrt sich der Inhalt und es treten in ihm Harztröpfchen auf. Alsdann löst sich von Innen her die Membran und es entsteht ein kleiner lysigener Canal. Derselbe erweitert sich mehr und mehr und nun wird auch das benachbarte Phloëm in die Resinose mit hineingezogen; zuerst lösen sich die Membranen des Phloëmparenchyms und der Siebbündel, dann auch

[1]) Tschirch, Ueber die Entwicklungsgeschichte einiger Secretbehälter und die Genesis ihrer Secrete. Ber. d. d. botan. Ges. 1888, S. 2. Dort ist auch die einschlägige Literatur berücksichtigt. Vergl. auch die Arbeit von Hanausek, Ueber die Harz- und Oelräume d. Pfefferfrucht. Progr. d. Staatsrealschule. Wien 1886. Ich kann jedoch dem Autor nicht völlig beipflichten.

die Gruppen mechanischer Elemente. Bei den Bastzellen ist die Auflösung besonders schön zu verfolgen. Dieselbe erfolgt hier von dem lysigenen Canale her, centrifugal fortschreitend, so dass die dem Canal benachbarten Membranpartien zuerst der Auflösung anheimfallen (Fig. 215).

Auf ganz ähnliche Weise erfolgt die Bildung lysigener Harzcanäle nach FRANK[1]) in der Rinde älterer Stämme von *Thuja occidentalis* und im Holze der *Kiefer* und nach DIPPEL[2]) im Holze der *Tanne*. Auch hier sind es parenchymatische Zellen (Holzparenchym, beziehungsweise Phloëmparenchym), die sich in früheren Entwicklungsstadien durch Reichthum an plasmatischem Inhalte und Stärke auszeichnen, in denen das Oel zunächst im Inhalte auftritt und deren Membranen erst dann aufgelöst werden. Auch hier schreitet in späteren Stadien die Auflösung von dem gebildeten lysigenen Canale weiter fort und ergreift alle in das Bereich der Resinose gelangenden Zellen (bei *Thuja* z. B. auch die Bastzellen). Im Holze der *Kiefer* geht der Process, wie FRANK angibt, von den Harzcanälen aus. Er geht in der Weise vor sich,

Fig. 216.



Kleine lysigene Harzgänge *(h)* im Holze von *Copaifera Langsdorffii*, *m* Markstrahl, *g* Gefäss (Tschirch).

dass sich zunächst die normalen schizogenen Harzcanäle zu grösseren harzführenden Höhlen erweitern, alsdann die den Canal umgebenden Holz- und Markstrahlzellen mit Harz erfüllen und deren Membranen gelöst werden.

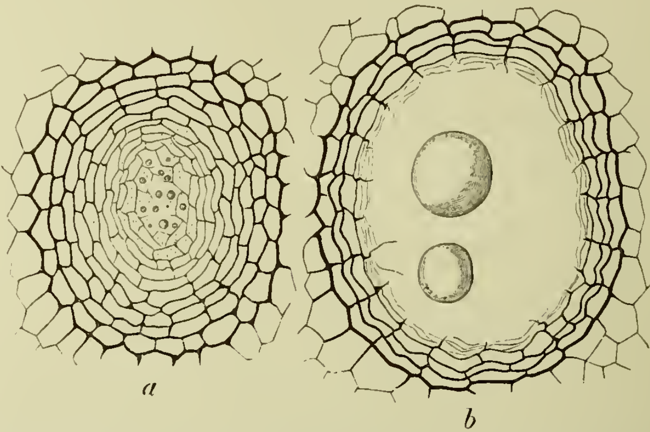
Dass eine derartige Auflösung von Membranen grosser ungleichartiger Zellcomplexe unbegrenzt sein kann und unter Umständen zur Entstehung gewaltiger lysigener Canäle führen muss, ist klar. Derartige Canäle können ja auf eine andere als die angedeutete Weise im normalen Pflanzenkörper gar nicht entstehen. Es hat sich nun in der That herausgestellt, dass die Canäle die den *Copaivabalsam*, den *Bals. antarthriticum indicum* und die Benzoe führen und wahrscheinlich auch ein Theil der den *Gurjunbalsam* enthaltenden Räume durch Auflösung von Membranen entstehen, und es ist mir nicht unwahrscheinlich, dass überhaupt überall dort, wo wir Secrete in grösseren Massen, zwischen normales Gewebe eingebettet, finden, wie bei *Laurus Camphora* (Campher) *Acacia Catechu* (Catechu), *Andira retusa* (Goa-

---

[1]) Handbuch der Pflanzenkrankheiten, S. 80.
[2]) Zur Histologie der *Coniferen*. Bot. Zeit. 1863.

pulver) u. and. die betreffenden Räume auf die angedeutete Weise entstehen. Für das Ararobapulver scheint mir dies aus der VOGL'schen Abbildung [1]) klar hervorzugehen. Auch für das Angelim-Pedraharz hat der genannte Forscher

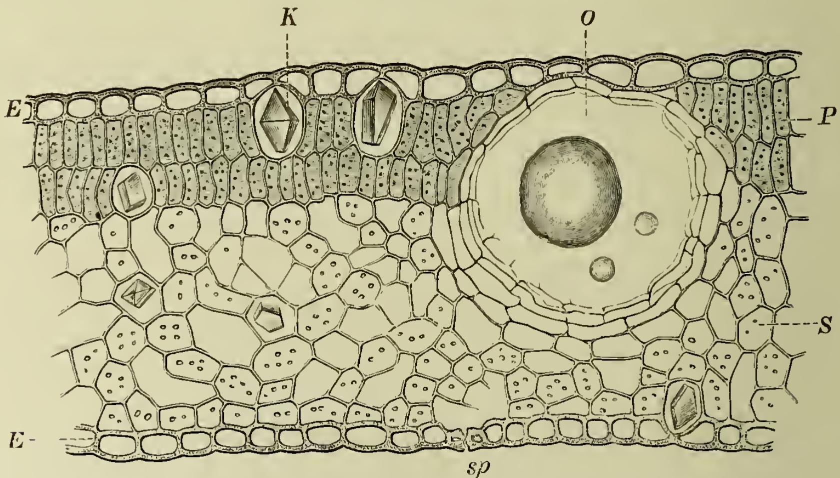
Fig. 217.



Lysigene Oelbehälter aus der Fruchtschale von *Citrus vulgaris*. *a* erstes Entwicklungsstadium, aus einer ganz jungen unreifen Frucht, *b* fertiger Zustand, aus der reifen Frucht (Tschirch).

die gleiche Genese nachgewiesen. [2]) Für den *Storax* [3]) ist die Sache aber ebensowenig wie für den Perubalsam sichergestellt. Auch die Harzbeulen [4]), linsenförmige harzerfüllte Räume in der Rinde der *Coniferen*, in welche oft mehrere schizogene Oelcanäle münden, werden wohl auf diese

Fig. 218.



Querschnitt durch ein Pomeranzenblatt. *O* lysigener Oelraum, *E* Epidermis, *sp* Spaltöffnung, *P* Palissadenparenchym, *S* Schwammparenchym, *K* Kristall (Tschirch).

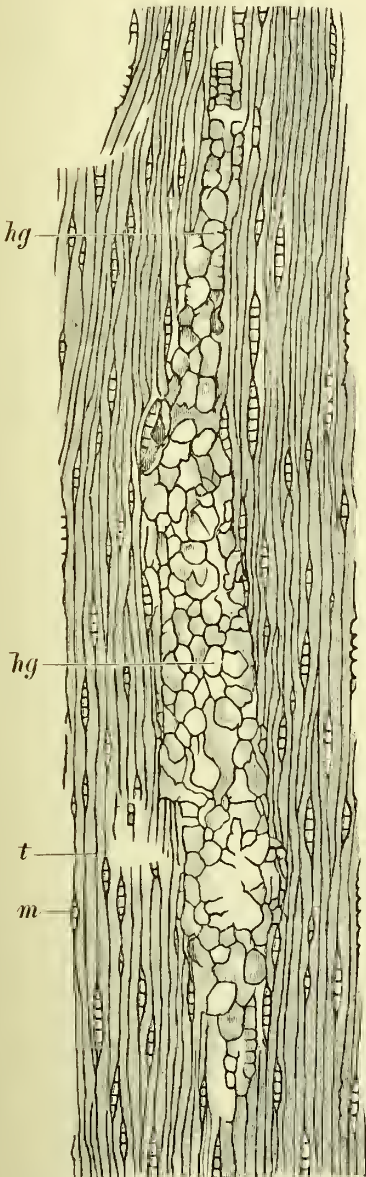
Art gebildet werden, da sie sich erst an mittelwüchsigen Bäumen (besonders *Tannen*) bilden. Nach MAYR entstehen sie jedoch schizogen. Vielleicht gehören sie zu den schizolysigenen Excretbehältern (siehe diese).

---

[1]) Commentar z. österr. Pharmakop. S. 437, Fig. 164.
[2]) VOGL, Ueber den Bau des Holzes von *Ferreira spectabilis*. PRINGSH. Jahrb. IX.
[3]) FLÜCKIGER, Pharmakognosie. II, S. 117.
[4]) MOHL, Ueber die Gewinnung des venetianischen Terpentins. Bot. Zeit. 1859, S. 341

Bei allen diesen eben erwähnten Pflanzen sind es Zellen des normalen Pflanzengewebes, die verharzen, und der Process zeigt daher einige Analogie mit dem Vergummungsprocesse bei den *Acacien* und dem *Traganth*, wo besondere different ausgebildete Zellcomplexe, die später der Vergummung anheimfallen, ja auch nicht ausgebildet werden, sondern ebenfalls Zellen des normalen Gewebes vergummen.

Fig. 219.



Lysigener Harzgang (Harzgalle *hg*) aus dem Holze der Bernsteinfichte (Bernstein enthaltend). *t* Tracheïden, *m* Markstrahlen, tangentialer Längsschliff durch ein fossiles Holzstück (Conwentz[2]).

Bei den lysigenen Oelbehältern der *Aurantiaceen* (und wohl ganz allgemein auch bei den übrigen *Rutaceen*) ist zwar ein besonderes Gewebe auch nicht ausgebildet, doch zeigt die Zellgruppe, die durch Auflösung ihrer Membranen den Oelbehälter liefert, schon bevor diese Auflösung vor sich geht, wenigstens geringe Abweichungen in Grösse, Form und Inhalt der Zellen. Die letzteren stellen ihr Wachsthum frühzeitig ein, bleiben meist kleiner als das umgebende Gewebe und erfüllen sich frühzeitig mit Plasma (Fig. 217). Der Auflösungsprocess selbst geht ganz in der oben geschilderten Weise vor sich. Er schreitet von einigen, im Centrum der Gruppe gelegenen Zellen, deren Membranen sich auflösen, centrifugal nach der Peripherie hin fort. Durch den im Canal herrsehenden hydrostatischen Druck erleiden die, gegen den Canal hin, übrigens stets obliterirten Zellreihen der Randschicht, eine tangentiale Dehnung und werden in radialer Richtung zusammengedrückt (Fig. 217 und 218). Auch hier ist die Auflösung der Membranen von ganz untergeordneter Bedeutung für die Oelproduction, auch hier wird das Oel zweifellos im Innern der Zellen gebildet. Wie man sich nämlich leicht überzeugen kann, sind die meisten Membranen nicht eigentlich gelöst, sondern nur zerrissen und obliterirt, und der Canal wird von zahlreichen zusammengedrückten Zellen ausgekleidet (*Fol. Buccu*, *Fol.* und *Fruct. auranti*, siehe auch Excretbehälter).

Es kommt nun aber auch ebenso wie bei der Entstehung gewisser Gummihöhlen (z. B. denen der *Amygdalaceen*) auch bei Harzbehältern vor, dass bestimmte, der Verharzung später anheimfallende Zellcomplexe vorher different ausgebildet und namentlich als „abnormes Holzparenchym“ schon im Cambium angelegt werden. Solche später verharzende Holzparenchymgruppen, die sehr viel Aehnlichkeit mit dem vergummenden Holzparenchym im Holzkörper der Kirsche haben, finden sich im Holze der *Fichte* und *Tanne* und erzeugen die in alten Stämmen häufigen „Harzgallen“ oder „Harzdrusen“ [1]), deren

[1]) Frank, Handbuch der Pflanzenkrankheiten, S. 83.
[2]) Die Zeichnung zu dieser Figur verdanke ich Herrn Dr. Conwentz in Danzig.

Harzproduction um vieles die der schizogenen Harzbehälter (siehe Excretbehälter) übersteigt. Auch für die *Bernsteinfichte* hat CONWENTZ das Vorkommen solcher Harzgallen nachgewiesen (Fig. 219), und es ist mir sehr wahrscheinlich, dass die Hauptmasse des Bernsteins ihnen entstammt. In jungen, 10jährigen Aesten der *Meerstrandfichte (Pinus maritima)*, die in erster Linie bei der Gewinnung des Terpentin und seiner Präparate *(Ol. terebinth., Colophonium)* in Betracht kommt, fand ich sie noch nicht (ältere standen mir nicht zu Gebote). Aber ich zweifle nicht, dass sie auch hier vorkommen werden, denn die schizogenen Harzbehälter sind nicht zahlreich genug, um die enorme Balsamproduction erklären zu können.

Ist die Erzeugung von abnormem Holzparenchym im Verdickungsringe nicht auf bestimmte Punkte localisirt, sondern tritt sie einmal ringsum auf, so wird in späteren Stadien eine cylindrische Harzzone erzeugt, die, wenn sie zusammentrocknet, zu den sogen. „Auslösungen" des Holzkörpers führt, die wir ebenfalls bei einigen *Coniferen* beobachten.[1]) So weit FRANK und ich die Genese der Harzgallen und der Auslösungen verfolgen konnten, geht sie in der Weise vor sich, dass anfangs Stärke im Inhalte der Zellen vorhanden ist, später Oeltröpfchen auftreten, in einer oder mehreren Zellen die Membran gelöst wird, und darauf von dort aus die Membranauflösung bis zum Rande der Holzparenchymkugel oder des Holzparenchymcylinders fortschreitet. Die Harzmetamorphose der Membran ist also auch hier eine secundäre Erscheinung und von untergeordneter Bedeutung.

Das scheint auch bei den Fruchtträgern von *Polyporus officinalis* der Fall zu sein, die den Lärchenschwamm des Handels bilden. Obwohl es mir gelungen ist, zweifellos in Harzmetamorphose begriffene corrodirte Hyphen in der Randschicht des Fruchtträgers aufzufinden, glaube ich doch nicht, dass das gesammte Harz einer derartigen Metamorphose der Hyphenwand seine Entstehung verdankt, sondern mehr ein Secret auf der Hyphenoberfläche darstellt.

Wie wir uns den chemischen Process der Umwandlung der Membran in Harz zu denken haben, ist noch nicht festgestellt, nur eines ist sicher: die Cellulosemembran sowohl, wie die verholzte lösen sich vollständig und rückstandslos in dem Balsam auf. Ob sie direct in Oel, beziehungsweise Harz oder zunächst, was wohl das wahrscheinlichste ist, in Zwischenglieder der Reihe übergeführt werden, bleibt zu untersuchen, ebenso die Frage, ob bei dieser Membranmetamorphose resinogene Fermente betheiligt sind. Jedenfalls reichen aber die geringen Mengen der in Lösung übergeführt werdenden Membranen nicht hin[2]), um die grossen Harzmassen zu erzeugen, die die Canäle erfüllen, ganz abgesehen davon, dass bei dem hohen Kohlenstoffgehalt beispielsweise der *Terpene* — dieselben enthalten 87·8% C, die Cellulose nur 44·4% — etwa das doppelte Gewicht Membran zur Erzeugung eines Gewichtstheiles Harzöl erforderlich sein würde.

Das Material zu den in den Harz- und Oelbehältern enthaltenen Secreten wird also von aussen her, d. h. aus den benachbarten Geweben in die Behälter geführt. Dass dazu sehr viel Kohlenstoffmaterial nöthig ist, geht aus der Zusammensetzung der Oele und Harze hervor, und es ist zunächst räthselhaft, warum die Pflanze so kohlenstoffreiche Stoffe secernirt, also aus dem Stoffwechsel ausschaltet. Denn darüber kann kein Zweifel bleiben, dass die Harze wirklich Secrete sind und im Stoffhaushalte der Pflanze nicht weiter verwendet werden.

---

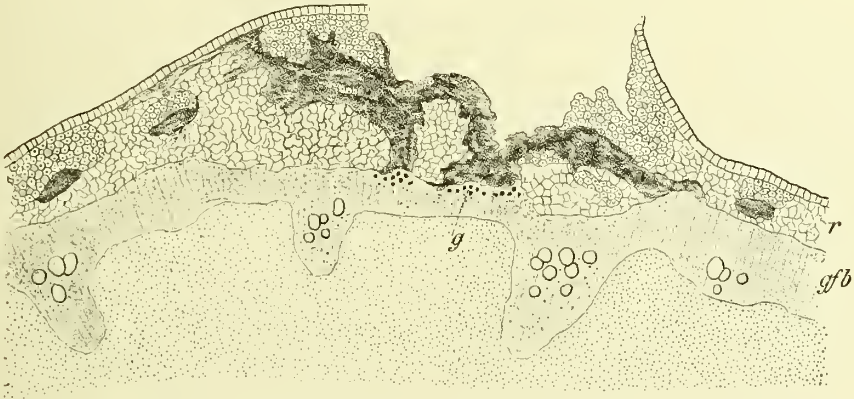
[1]) FRANK, Handbuch der Pflanzenkrankheiten, S. 84. — HALLIER, Phytopathologie, S. 82.

[2]) Dies springt besonders dort in's Auge, wo weite und dünnwandige Zellen mit verhältnissmässig wenigen und kleinen Stärkekörnchen dem Harzbehälter den Ursprung geben, wie in der Rinde von *Thuja* (FRANK).

Eine besonders bei den *Coniferen* beobachtete Erscheinung ist die, dass Verwundungen die Harzproduction erhöhen, ja direct die Wunde überströmenden „Harzfluss“ erzeugen, analog wie bei dem Gummifluss, der auch durch Verwundungen erzeugt, beziehungsweise gesteigert wird. Die Gewinnung der Terpentine beruht ja hierauf. Denn wenn durch das Anhauen der Bäume nur die in dem Baume vorhandenen Canäle geöffnet und zum Ausfliessen gebracht würden, so wäre die Ausbeute lange nicht so gross. Wie dieser Harzfluss bei den *Coniferen* vor sich geht, welche chemischen und morphologischen Veränderungen des verwundeten Baumes ihn begleiten, bleibt im Einzelnen noch zu untersuchen.[1])

Bei den *Copaifera*-Arten scheint die gesammte Masse des gewonnenen Harzöles beim Verwunden des Baumes direct auszufliessen.[2]) Sonst gilt wohl auch für die übrigen harzliefernden Bäume als Regel, dass Einschnitte den Harzaustritt befördern und vermehren, also Harzfluss erzeugen. Die Verwundungen müssen freilich erhebliche sein. Wenn, wie beim *Mastix* und *Sandarac* die Rinde nur angeritzt wird, so tritt auch nur der in den Harzbehältern vorhandene Balsam hervor, die am Baume

Fig. 220.



Querschnitt durch eine von einem Insectenstich herrührende Wundstelle eines Stengels von *Dorema glabrum Fisch et Mey.* nach kurzer Behandlung mit Alkohol. (Vergr. 55). Die Milchsaftgänge und die Harzmassen schwarz. *gfb* Gefässbündelcylinder. *r* Rinde. Die Wunde war mit Gummiharz vollständig verstopft, ein anderer Wundverschluss nicht ausgebildet (Tschirch).

erhärtenden und die Wunde verschliessenden Harztropfen bleiben klein und es tritt kein eigentlicher Harzfluss ein.

Dies alles scheint darauf zu deuten, dass die Harze für den Wundverschluss von Bedeutung sind.[3]) Durch Experimente habe ich denn auch feststellen können, dass bei Verschluss einer Wunde mit Harz jede andere Art des Wundverschlusses (Schutzgummi, Schutzkork) unterbleibt.

In das Capitel der Membranmetamorphose gehört auch die **Auflösung** der Querwandungen über einander stehender Zellreihen, die zur Entstehung der Gefässe (Fig. 226) und der sogenannten gegliederten Milchröhren (Fig. 227) führt. Hier wird die betreffende Membran oft schon frühzeitig gelöst. In welche Stoffe sie übergeführt wird, und wie der Process selbst verläuft, wissen wir nicht. Es scheint, als ob es eine Verschleimung wäre, jedenfalls quellen die Wände vor der Resorption stets stark.

---

[1]) Vergl. auch Hartig, Zersetzungserscheinungen des Holzes und Krankheiten der Waldbäume.

[2]) Oft 40 Liter aus einem Baume.

[3]) Vergl. auch de Vries, Ueber einige Nebenproducte des pflanzlichen Stoffwechsels. Landw. Jahrb. 1881, S. 686.

Zellbildung.

Niemals findet eine Neubildung von Zellen ohne Mitwirkung bereits vorhandener, sei es aus organisirter oder unorganisirter Materie (Urzeugung, Generatio aequivoca), statt, und selbst die complicirtesten Pflanzenformen entstammen alle in letzter Linie einer Zelle. So geht z. B. das Fädengewirr eines Schimmelpilzes aus einer Zelle (der Spore), ein Farn aus einer befruchteten Zelle des Archegoniums (der Ei- oder Centralzelle), ein Eichbaum aus einer befruchteten Zelle des Embryosackes (der Eizelle) durch Auswachsen und wiederholte Theilungen hervor. Bei der Zellbildung spielt zwar das stark gesteigerte Flächenwachsthum und das damit verbundene Bestreben, den dadurch vergrösserten Zellraum wieder zu fächern, also die Zelltheilung, die Hauptrolle, doch beobachtet man ausser dieser Zellbildungsform, wennschon in sehr viel selteneren Fällen, noch drei andere Formen der Zellbildung: die Zellverjüngung, die freie Zellbildung und die Zellverschmelzung.

Bei der Zellverjüngung wird der gesammte Inhalt der Mutterzelle zur Bildung einer einzigen neuen Zelle, der Tochterzelle, verbraucht, die Membran der Mutterzelle geht also nicht, weder ganz noch theilweise, auf die Tochterzelle über. Hier liegt also, im Grunde genommen, weniger eine Zellvermehrung, als eine Zellmetamorphose, im Sinne einer Verjüngung, vor. Eine Zellverjüngung findet bei der Bildung der Pollenkörner aus den Specialmutterzellen statt. Der Inhalt der letzteren contrahirt sich und umgibt sich mit einer neuen Membran. Sonst wird Verjüngung bei höheren Pflanzen nicht beobachtet, findet sich dagegen bei den Fortpflanzungsorganen der niederen häufig (Bildung der Schwärmsporen und der Spermatozoiden einiger Gruppen der Algen, Moose und Gefässcryptogamen).

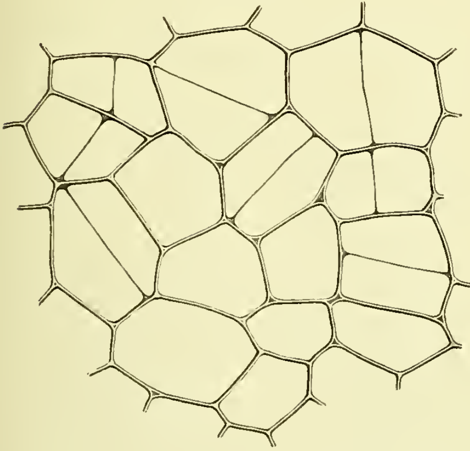
Die freie Zellbildung führt stets zu einer wirklichen Zellvermehrung. Bei ihr stehen die Tochterzellen mit der Mutterzelle nicht im Gewebeverbande, sondern liegen frei im Innern derselben; auch hier geht also die Membran der Mutterzelle nicht auf die Tochterzellen über.

Beobachtet wird freie Zellbildung nur bei der Entstehung der Fortpflanzungsorgane einiger niederer Pflanzen (Pilze, Algen). Der bekannteste Fall der freien Zellbildung findet sich bei der Entstehung der Ascosporen in den Schläuchen (Ascis) der *Ascomyceten*, z. B. also bei *Claviceps purpurea Tul.* Die Hauptmasse des plasmatischen Ascusinhaltes sammelt sich um die durch wiederholte Theilung vermehrten Zellkerne an, die Plasmapartien runden sich ab oder strecken sich *(Claviceps)* und grenzen

sich gegen einander und den übrigbleibenden Plasmarest (Periplasma) des Schlauches durch eine spontan um die naekte Primordialzelle entstehende Wand ab.

Die Zelltheilung ist der gewöhnliche Fall der Zellbildung und führt ebenfalls zu einer Vermehrung der Zellen. Doch geht hierbei stets ein Theil der Wand der Mutterzelle auf die Tochterzelle über und die neu entstandene Wand, die der Regel nach die Mutterzelle in zwei Hälften theilt, steht in directer Verbindung mit der Mutterzellwand und verschmilzt mit ihr zu einem einheitlichen Ganzen (Fig. 221).

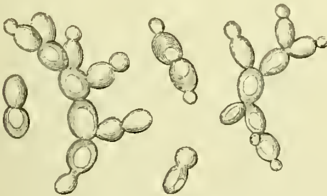
Fig. 221.



In Theilung begriffene Zellen aus der Wurzel-Rinde von *Taraxacum officinale L.* (Tschirch).

Bei der Zelltheilung finden sich folgende Variationen: Entweder unterbleibt die Gewebebildung ganz und die durch Theilung entstandenen beiden Tochterzellen trennen sich alsbald zu zwei selbstständigen Individuen (Spaltpilze), oder aber die Tochterzellen bleiben auch nach der Theilung im Gewebeverbande. In letzterem Falle können je nach der Richtung der Theilungswände Zellfäden, Zellflächen oder Zellkörper entstehen. Entstehen die Theilungswände (Scheidewände) parallel von einander und rechtwinkelig zur Richtung des stärksten Wachsthums der Mutterzelle, so entstehen Zellfäden (einige Pilze, die Fadenalgen, zahlreiche Haare), verlaufen die Theilungswände dagegen nicht parallel zu einander, stehen vielmehr senkrecht auf ein und derselben Ebene, in der vornehmlich das Wachsthum des Zellcomplexes stattfindet, so entstehen einschichtige Zellflächen (die Hauptmasse des Prothalliums wie *Aspidium filix mas,* Randschicht der Hüllkelchblätter der *Cina),* liegen endlich die Theilungswände in sehr verschiedenen Ebenen, so entstehen Zellkörper (Vegetations- und Reproductionsorgane der höheren Gewächse: Wurzel, Stamm, Blatt, Blüthe).

Fig. 222.



Saccharomyces ellipsoideus, in Sprossung begriffen.

Fig. 223.



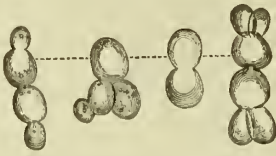
Saccharomyces apiculatus (citronenförmige Hefe).

Mit der Zelltheilung geht der Regel nach — bei einkernigen Zellen immer — eine Theilung des Zellkerns (s. S. 40) Hand in Hand, auch die übrigen theilungsfähigen Zellinhaltsbestandtheile (z. B. die Chromatophoren) theilen sich, bevor die neue Membran entsteht.

Die physiologische Bedeutung der Bildung von Wänden innerhalb des Pflanzenkörpers, d. h. also einer Fächerung desselben, ist darin

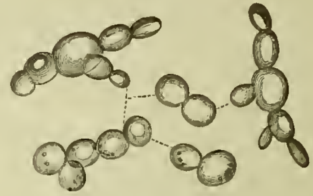
zu suchen, dass durch sie allein eine höhere Differenzirung möglich wird, indem die so entstandenen Theile gesonderten Arbeitsleistungen zugewiesen werden können. [1])

Fig. 224.



Unterhefe.
In Sprossung begriffen.

Fig. 225.



Oberhefe.
In Sprossung begriffen.

Zelltheilung tritt fast allgemein als erste Folge jeder Zellvergrösserung ein, doch unterbleibt sie auch bisweilen, z. B. bei den langen

Fig. 226.

Längsschnitt durch den Holztheil eines Ausläufers von *Glycyrrhiza glabra (Rad. glycyrrhizae).* *g* Getüpfelte Gefässe, *hp* Holzparenchym, *b* Libriform (Tschirch).

Bastzellen, den echten Milchröhren, den Hyphen vieler höheren Pilze u. a., steht also zu dem Zellwachsthum nicht in unmittelbarer Beziehung.

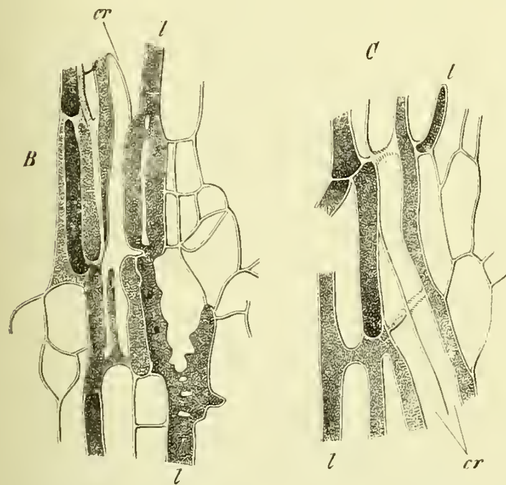
[1]) Vergl. Haberlandt, Phys. Anatomie, S. 8.

Eine eigenthümliche Form der Zelltheilung beobachtet man bei der *Hefe* (Fig. 221—225). Hier stülpt sich in Folge localisirten Flächenwachsthums an einer Stelle eine kleine Partie der Membran in Form einer Warze hervor. Dieselbe schwillt nach und nach an, bleibt jedoch noch solange in offener Verbindung mit der Mutterzelle, bis sie ungefähr ihre definitive Grösse erlangt hat; erst dann gliedert sie sich durch eine Membran gegen die Mutterzelle ab. In der gleichen Weise entstehen die Basidiosporen an den Basidien der *Basidiomyceten*, z. B. bei *Agaricus, Polyporus.*

Man hat diese Art der Zelltheilung mit dem Namen Sprossung belegt.

Bei den *Diatomeen* findet sich eine andere Form der Zelltheilung. Hier weichen die beiden Schalen, von denen die eine deckelartig über die andere hinübergreift, bei Beginn der Theilung von einander, und es entsteht, den Raum schliessend, eine neue Wand innerhalb jeder der beiden Schalen. Die neue Schalenhälfte ist demnach stets kleiner als die alte. Letztere greift also deckelartig über dieselbe hinüber. Durch diesen Theilungsvorgang werden die Generationen demnach immer kleiner. Um dem entgegen zu wirken, wird durch die Auxosporenbildung die alte Grösse wieder hergestellt.

Fig. 227.



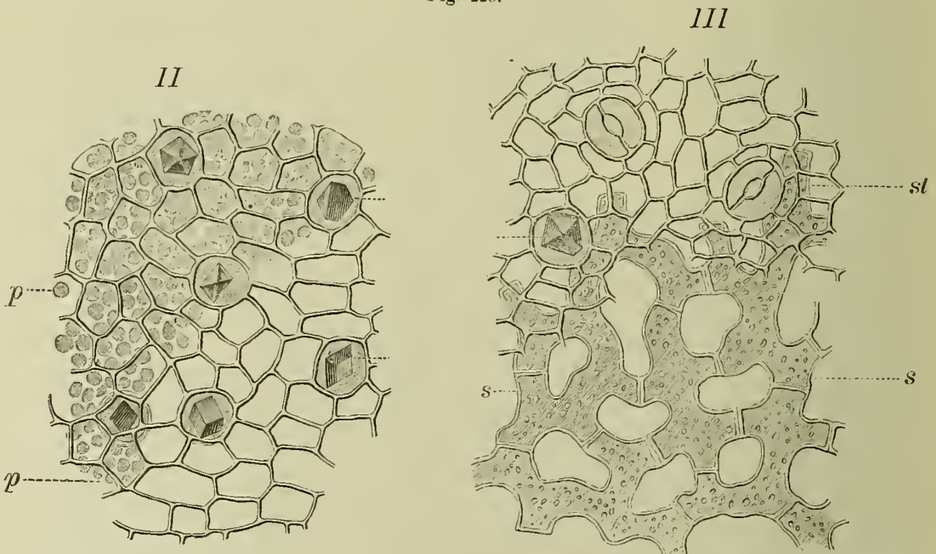
Gegliederte Milchröhren *(l)* aus der Wurzel von *Taraxacum officinale* (durch Resorption der Trennungswände entstanden), *cr* Siebröhren.

Die Zellverschmelzung oder Zellfusion ist gewissermassen ein der Zelltheilung entgegengesetzter Vorgang; wenn hier eine Zelle durch Theilung in mehrere übergeführt wird, so werden dort mehrere Zellen durch Auflösung der Theilungswände in eine „Zelle" verwandelt. Bei dieser Verschmelzung findet entweder gleichzeitig auch eine Verschmelzung der Kerne statt oder dieselbe unterbleibt. In sehr schöner Form kann man die Zellfusion bei der Entstehung der Gefässe beobachten. Dieselben entstehen durch mehr oder weniger vollständige Auflösung der Querwandungen einer übereinander liegenden Zellreihe, zu der Zeit, wo die Längswände sich zu verdicken beginnen Häufig kann man noch die Reste der Querwände erkennen, sehr deutlich überall da, wo die Querwand nur durch ein centrales Loch perforirt wurde (Fig. 226). Auch die sogenannten gegliederten Milchröhren entstehen durch Zellfusion, doch betheiligen sich hier eine unbeschränkte Anzahl von Zellen an der Bildung der Milchröhre und dieselben brauchen nicht genau übereinander zu liegen (Fig. 227). Während also bei der zu der Gefässbildung führenden Zellfusion eine lange, mehr oder weniger gerade Röhre entsteht, bilden die gegliederten Milchröhren ein anastomosirendes Netzwerk. Das durch die Zellfusion entstandene Gebilde (Gefäss, Milchröhre) kann man nicht mehr mit dem Namen „Zelle" belegen.

Zellformen.

Die Formen der Zellen sind sowohl von individuellen, der Zelle selbst immanenten, Gestaltungskräften als von der Umgebung der Zelle abhängig. Das Gestaltungsvermögen kann sich nur bei Zellen frei entfalten, die nicht im Gewebeverbande, sondern ringsum fre liegen, wie die Pollenkörner, die Sporen u. a.; überall dort, wo die Zelle rings von anderen Zellen umgeben ist, wird ihre Gestalt von der Umgebung mit bedingt.

Fig. 228.

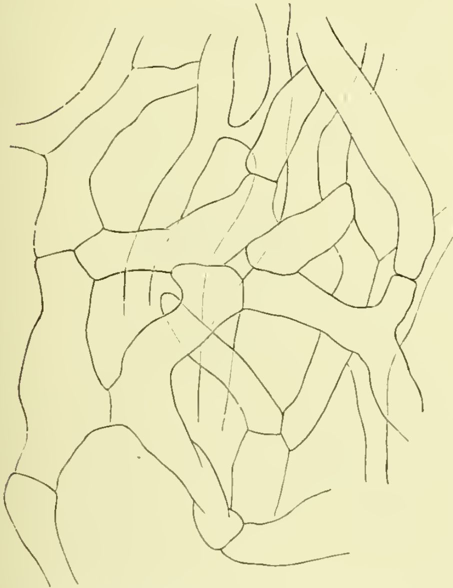


Fol. aurantii. Flächenschnitt. *II* Epidermis der Oberseite, *III* Epidermis der Unterseite mit darunterliegendem Gewebe, *st* Spaltöffnungen, *s* Schwammparenchym, *p* durchscheinende Palissadenschicht (Vogl).

Freiliegende Zellen zeigen das Bestreben, sich kugelig abzurunden, daher waltet die Kugel- oder Eiform bei Sporen, Pollenkörnern, einzelligen Pilzen *(Hefe, Bacterien)* und der Endzelle vieler Drüsenhaare vor. Schon bei dem Zellfaden tritt eine gegenseitige Beeinflussung der Zellen hervor, indem überall dort, wo zwei Zellen aneinander grenzen, sie sich gegen einander abplatten, während die freiliegende Membranpartie auch

jetzt noch kugelig gewölbt erscheint. Die einzelne Zelle besitzt also Tonnenform (Haare, Algenfäden). Auch bei den Epidermiszellen ist nur die Aussenwand vorgewölbt (Fig. 255 und 257). Bei der Zellfläche

Fig. 229.



Cacaosamen. Zellen aus dem der Samenschale anhängenden Fruchtmus. Vergr. 305 (Tschirch).

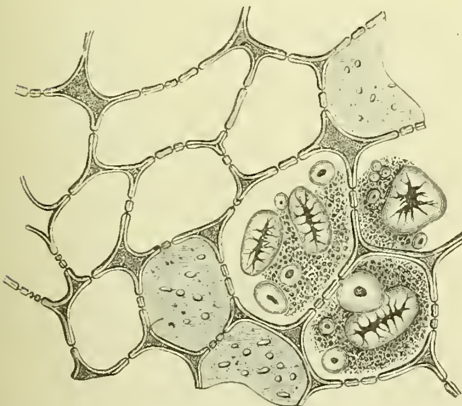
Fig. 230.



Cacaosamen. Durchlüftetes Parenchym, aus der Samenschale von der Fläche gesehen. (Tschirch).

ist die Beeinflussung schon eine grössere, indem nur die obere und die untere Seite sich vorwölben, sämmtliche Seitenwände abgeplattet, also mehr oder weniger gerade erscheinen. Beim Zellkörper endlich erscheinen sämmtliche im Innern liegende Zellen ringsum abgeplattet, also polyëdrisch — vorausgesetzt, dass sie in lückenlosem Verbande stehen (Holzkörper [Fig. 243], Bastzellgruppen). Ist dieses nicht der Fall, so treten auch im Innern des Pflanzenkörpers dieselben Erscheinungen wie ausserhalb desselben hervor. Liegen z. B. die Zellen locker gehäuft und durch grosse Intercellularen getrennt, so streben sie auch hier, die Kugelgestalt anzunehmen (Markzellen, Fruchtfleisch, Zellen der Mittelrinde), oder liegen, grosse Intercellularlücken begrenzend, zu Reihen vereinigte Zellen im Innern des Gewebes (*Calmusrhizom*, Merenchym der Blätter), so besitzt die einzelne Zelle Tonnenform (Fig. 236) u. s. f.

Fig. 231.



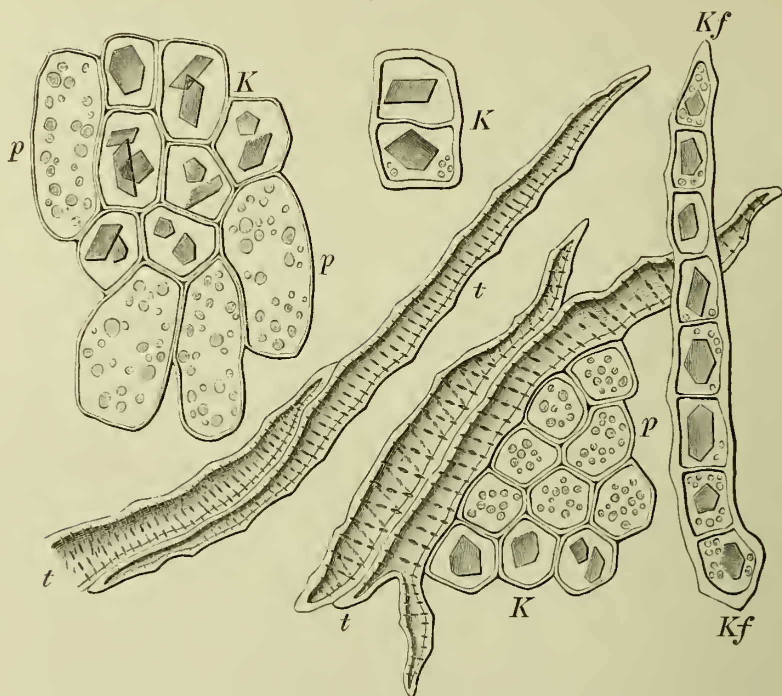
Aus dem Keimblatte der *Bohne*. Die rechts gelegenen Zellen enthalten Stärke nebst Eiweissstoffen. Vergr. 300 (J. Möller).

Die individuellen Verschiedenheiten in der Form der Zelle beruhen auf Verschiedenheiten im Flächen- und Dickenwachsthum.

Geht das Flächenwachsthum (s. oben S. 151) nicht allseitig gleichmässig vor sich, so entstehen in grösster Mannigfaltigkeit elliptische,

tafel- oder halbmondförmige, ausgebuchtete (Epidermiszellen von Laub- und

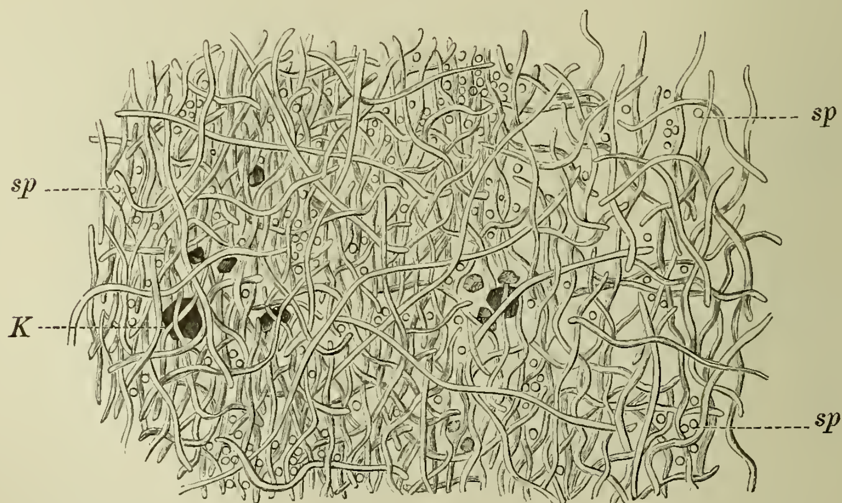
Fig. 232.



Isolirte Elemente aus den Blättern von *Arctostaphyllos Uva ursi*. *t* Bastfasern, *p* Parenchym, *K* Kristallzellen, *Kf* Kristallkammerfasern (Vogl).

Blüthenblättern, Fig. 249 und 250), sternförmige (Schwammschicht der *Cort. aurantii*, Schwammparenchym vieler Blätter [Fig. 228], Samenschale

Fig. 233.



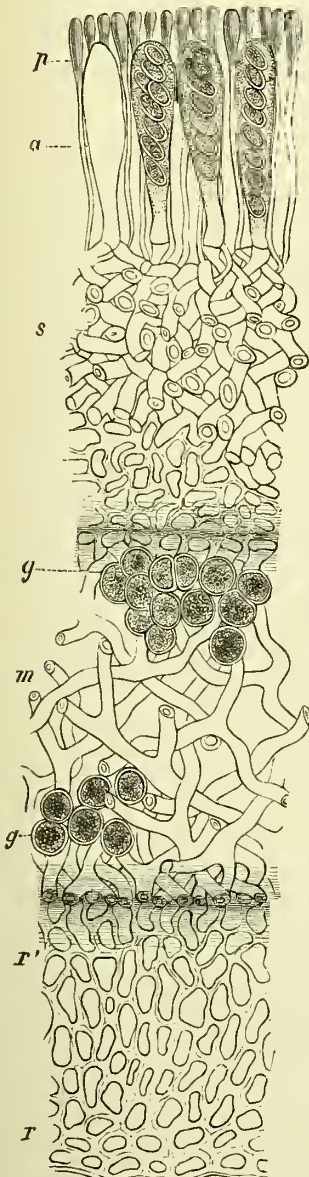
Hyphengeflecht aus dem Fruchtträger von *Polyporus officinalis*. *K* Kristalle (Vogl).

des *Cacao*, Fig. 230) oder gefaltete (*Pinusblatt* [Fig. 137]) Zellen; ist das Flächenwachsthum auf die beiden Pole beschränkt (localisirtes Längen-

wachsthum), so entstehen langgestreckte Zellen (Fig. 229), wie die Bastzellen (Fig. 232), Libriformzellen, Siebröhren, Pilzhyphen (Fig. 233 und 234), oder S- und U-förmige Zellen.

Ist das Dickenwachsthum ungleichmässig, und das ist es für gewöhnlich, so entwickeln sich alle die Formen, die schon oben bei Besprechung des Dickenwachsthums der Membran (S. 164) erwähnt wurden: Bastzellen *(Hanf, Lein)*, Steinzellen oder Sclereïden *(Piment, Pfeffer)*, Netz-, Leiter-, Ring- und Spiral-Gefässe, Collenchym.

Fig. 234.



Querschnitt durch ein Apothecium von *Cetraria islandica*. *a* Asci, *p* Paraphysen, *s* Subhymenialschicht, *g* Gonidien, *m* Mittelschicht (lange Hyphen, durcheinander geschlungen), *r'* innere Rindenschicht, *r* Rindenschicht (Pseudoparenchym) (Luerssen).

Gewöhnlich unterscheidet man nach Link's [1]) Vorgange:

1. Parenchym. [2]) Es sind dies dünnwandige, meist rundlich-polyëdrische und isodiametrische Zellen mit stumpfen geraden Enden, also gewissermassen aufeinander stehend (daher der Name), wie solche im sogenannten Grundgewebe, im Mark, dem Fruchtfleische, dem Merenchym [3]) der Blätter (Fig. 232), den Cotyledonen (Fig. 231) und dem Endosperm der Samen und sonst oftmals angetroffen werden. Gestrecktes Parenchym ist in der Palissadenschicht [4]) der Blätter entwickelt.

2. Prosenchym [5]), Pleurenchym. [6]) Es sind dies meist dickwandige, mehr oder weniger gestreckte, spindelförmige, also an den Enden zugespitzte und mit diesen zwischen einander eingekeilte (daher der Name) Zellen: Holzzellen, Bastzellen (Fig. 232).

So augenfällig und bequem oft die Unterscheidung zwischen Parenchym und Prosenchym erscheint, so wenig lässt sie sich scharf durchführen.

Die Pilze und die zu ihnen gehörigen Flechten sind aus fadenförmigen Zellen zusammengesetzt, die an den Enden fortwachsen, septirt oder unseptirt, verzweigt oder unverzweigt sind, im einfachsten Falle einfache Fäden, bei den höheren Pilzen ein durcheinander geschlungenes Fädengewirr (Fig. 233 u. 234 *m*) darstellen, dessen einzelne Elemente für gewöhnlich nicht in Gewebeverbindung mit einander treten. (Fruchtkörper von *Polyporus*, Feuerschwamm.) Man nennt diese Fäden Hyphen. [7]) Sind die Hyphen kurz, so treten sie bisweilen in innigen Gewebeverband und das so entstehende Gewebe hat ganz das Aussehen normalen Parenchyms — man nennt es daher Pseudoparen-

---

[1]) Grundlehren der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Göttingen 1807.

[2]) παρά, daneben, darauf und ἔγχυμα, das Eingegossene, die Zellen aufeinanderstehend gedacht.

[3]) Von Meyen (Phytotomie, Berlin 1830) eingeführter Ausdruck.

[4]) Von *palus*, Pfahl.

[5]) πρός, gegen, zwischen und ἔγχυμα, die Zellen zwischen einander eingeschoben gedacht.

[6]) πλευρά, Rippe.

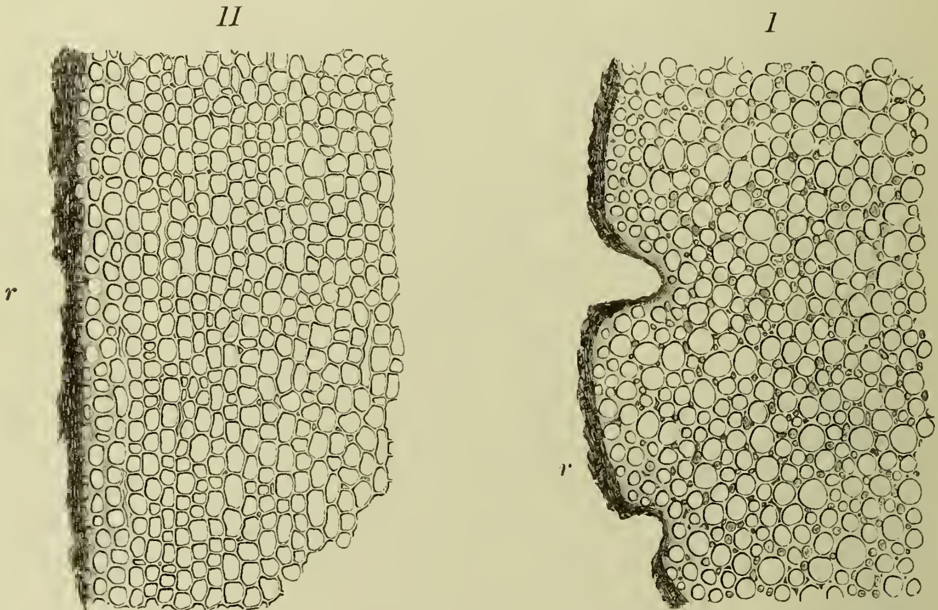
[7]) ὑφή, das Gewebe.

chym.[1] Doch kann man sich durch Behandlung von Längsschnitten mit geeigneten Reagentien (verdünnter Chromsäure) davon überzeugen, dass es kurze, oft sogar gewundene Fäden sind. Für die Dauerzustände (Sclerotien) zahlreicher Pilze ist dies Pseudoparenchym geradezu charakteristisch, so z. B. für das *Mutterkorn* (Fig. 235). Aber auch sonst findet es sich (Rindenschicht von *Lichen islandicus* [Fig. 234 r]).

Die Hyphen der Pilze sind in der Regel nur sehr schmal (bei *Polyporus officinalis* [Fruchtkörper] 2—4 Mik., *P. fomentarius* 2·5 – 5·5 Mik.).

Verhältnissmässig selten schliessen die Zellen vollständig lückenlos an einander (Endosperm der Samen), meist liegen zwischen ihnen mehr oder weniger grosse luftführende Lücken. Dieselben nennt man Intercellularräume, Intercellularen.[2] Im einfachsten Falle liegen sie als

Fig. 235.



I Querschnitt, *II* Längsschnitt durch die Randpartie eines Sclerotiums von *Claviceps purpurea Tul. Secale cornutum)*. *r* violettschwarze Randpartie, Pigmentschicht. Das Oel durch Aether entfernt (Vogl).

kleine dreikantige Räume an den Stellen, wo drei Zellen an einander stossen (Fig. 154, 155, 231, 242). Sie erweitern sich aber oftmals zu grösseren Räumen (Merenchym des Blattes, Fig. 228 *III*), ja können sogar quantitativ dem Gewebe selbst gleich oder gar überlegen sein (*Calmus*-Rhizom, Fig. 236). Auch die Samenschalen sind reich an Intercellularen (Fig. 230, 237).

Sie entstehen stets durch Auseinanderweichen der Zellen[3], führen für gewöhnlich Luft [siehe Durchlüftungssystem], bisweilen aber auch Secrete (siehe hinten schizogene Excretbehälter).

---

[1] ψεῦδος, Täuschung.

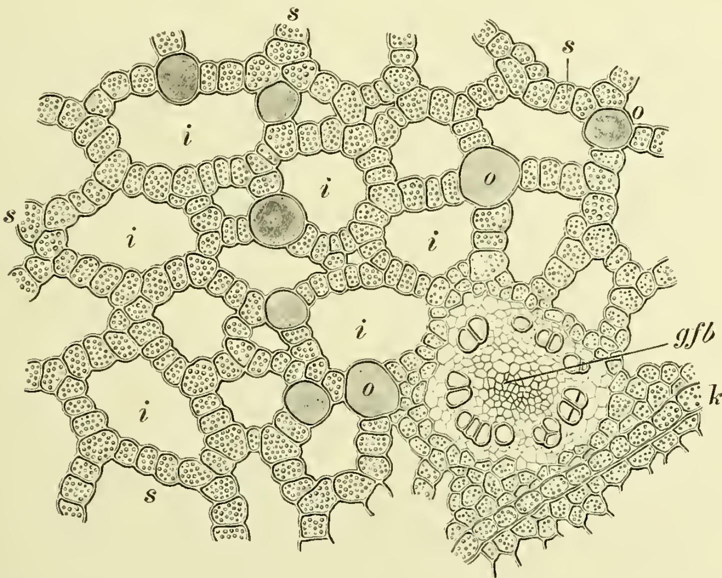
[2] *inter*, zwischen; *cellula*, Zelle.

[3] Frank, Ueber die Entstehung der Intercellularräume der Pflanzen. Habilitationsschrift. Leipzig 1867 und Beiträge zur Pflanzenphysiologie. Leipzig 1868. Dort auch die ältere Literatur.

Zellgewebe.

Nur wenige und nur niedere Pflanzen sind einzellig (s. oben S. 29) wie z. B. die Hefe (Fig. 12—17 und 222—225), oder bestehen aus einzelligen Zellfäden oder Zellflächen; die bei weitem meisten und alle höheren Pflanzen bestehen aus Zellkörpern, d. h. aus einer Aggregation von Zellen, aus Zellcomplexen. Wenn wir schon in dem Zellfaden gegenüber der einzelligen Pflanze insofern einen wesentlichen Fortschritt sehen, als durch Fächerung des

Fig. 236.



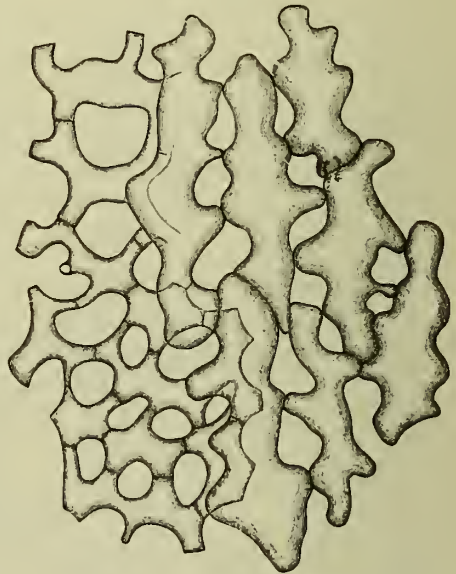
Querschnitt durch einen Theil des Rhizoms von *Acorus Calamus L.* an der Endodermis *(k)*. *s* stärke führendes Parenchym, *i* Intercellularräume, *o* Oelzellen, *gfb* Gefässbündel. Vergr. 110 (Tschirch).

Fadens mehrere differente Zellen entstanden sind, die nicht mehr alle eine und dieselbe, respective alle nöthigen Lebensfunctionen der Pflanze verrichten müssen, sondern sich in diese Functionen theilen können und in der That auch theilen, so tritt das Princip der Arbeitstheilung in noch viel ausgesprochenerem Maasse bei dem complicirt zusammengesetzten Zellkörper der höheren Pflanzen hervor, indem zu der Fächerung des ganzen Pflanzenkörpers noch eine differente Ausbildung der einzelnen Zellen und Zell-

gruppen hinzutritt. Erst hierdurch wird die Arbeitstheilung in ihrer vollendetsten Form erzielt, erst hierdurch erhält sie ihren eigentlichen Werth für die Pflanze. Unter diesem Gesichtspunkte betrachtet erscheinen uns nun die Zellcomplexe nicht mehr als eine willkürliche Aggregation gleichartiger und ungleichartiger Zellen, sondern als eine nach bestimmten Principien erfolgende Anordnung, und der Begriff Pflanzengewebe, den man früher ganz allgemein für jede beliebige Aggregation von Zellen anwandte, muss dahin eingeschränkt und präcisirt werden, dass man mit ihm einen einheitlichen Zellverband bezeichnet, dessen Zellen nicht nur eine gewisse Gleichartigkeit in Form und Inhalt, sondern auch eine damit im Zusammenhange stehende Gemeinsamkeit des Wachsthums und besonders der Function zeigen.

Bisweilen treten nun freilich in den Geweben einzelne nach Form, Inhalt, Wachsthum und Function abweichende fremde Formbestandtheile auf. Dieselben müssen, obgleich sie topographisch zu dem Gewebe, in welches sie eingebettet sind, gehören, aus den oben angeführten morphologischen und physiologischen Gründen davon getrennt und als ein besonderes, anderes Gewebe unterschieden werden. So liegen z. B. in dem Assimilationsgewebe der Blätter oftmals Secreträume: Oelzellen *(Fol. lauri)*, lysigene Oelräume *(Fol. aurant.)*, Kristallzellen *(Fol. uvae ursi)* oder mechanische Zellen: Sclereïden *(Fol. theae)*. Beide sind vom Assimilationsgewebe zu trennen, erstere dem Secretionsgewebe, letztere dem mechanischen anzureihen. Solche fremde Formbestandtheile nennt man Idioblasten[1]) (Sachs).

Fig. 237.



Schwammparenchym der Erbsenschale (Möller).

Die Gewebe kommen entwicklungsgeschichtlich auf zwei Weisen zu Stande; die sogenannten echten Gewebe durch wiederholte Zelltheilung, die sogenannten unechten durch Verwachsung ursprünglich isolirter Zellen. Die erstere Gewebebildung bildet die Regel, die letztere finden wir bei Hyphenpilzen (hier führt dieselbe meist zur Bildung von Pseudoparenchym) und bei den berindeten Algen *(Ceramium, Chara)*, sonst selten.

Ganz eigenartig ist die Gewebebildung im Endosperm der *Angiospermen*. Hier theilt sich der secundäre Embryosackkern (Fig. 33 *e*) wiederholt und erzeugt viele Tochterkerne. Erst wenn der Embryosack seine definitive Ausbildung erlangt hat, treten Zellwände zwischen den Kernen auf.[2]) Dieselben setzen sich an der Innenwand des Embryosackes an und wachsen in dessen Lumen hinein (Strasburger, Soltwedel).

Die Gewebe kann man von entwicklungsgeschichtlichen, topographischen, morphologischen oder physiologischen Gesichtspunkten betrachten und ordnen. Aus der oben gegebenen Definition des Begriffes Gewebe geht hervor, dass ich bei der Betrachtung in erster Linie

[1]) ἴδιος eigene, eigenthümlich; βλάστη, βλαστός, Gewächsspross.
[2]) Vergl. die Sachs' Vorlesungen entnommene Abbildung in Haberlandt's Anatomie, Fig. 6.

physiologische Principien geltend machen, die Gewebe also weder nach ihrer Entwicklungsgeschichte, noch ihrer topographischen Lagerung, sondern nach ihrer Function gruppiren möchte.

Diese zuerst von HABERLANDT[1]) für alle Gewebe consequent durchgeführte Betrachtungsweise nennt man die anatomisch-physiologische. Obgleich es nun scheinen möchte, als ob gerade für den vorliegenden Zweck diese Auffassung etwas Gezwungenes hat und Dinge mit hineinzieht, die streng genommen nicht hierher gehören, so habe ich doch kein Bedenken getragen, auch die Gewebelehre der angewandten Anatomie in dieser Form vorzutragen, da das Gebäude der descriptiven Anatomie durch die fortdauernden Hinweise auf die Bedeutung der Formen und des Inhaltes, wie der Gruppirung der Zellen, für das Leben der Pflanze, für jene erst das Verständniss schafft, die Form Inhalt, der Vortrag trockener Thatsachen Leben erhält. Denn, da überall Form, Inhalt und Gruppirung der Zellen — das was wir den „Bau der Zellen und Gewebe" nennen — in innigster Beziehung zu der Function derselben steht, so wird man alle drei nur verstehen, wenn man sich der Function bewusst wird, die sie zu erfüllen haben und der sie in allen Fällen angepasst sind.

Erst durch die anatomisch-physiologische Betrachtungsweise wird uns verständlich, warum die Bastzellen lang und dickwandig, die Gefässe lange Röhren, die Palissaden des Blattgewebes gestreckt, die Spitzen der Wurzelhaare verschleimt sind.

Da bisweilen mehrere Gewebe (im obigen Sinne) dieselbe Function zu erfüllen haben, so soll im Folgenden die Gesammtheit der einer bestimmten physiologischen Aufgabe dienenden Gewebe und localen Apparate unter dem Namen anatomisch-physiologisches System (HABERLANDT) begriffen und zusammengefasst werden.

Je nach der Complicirtheit dieser physiologischen Aufgabe betheiligt sich an dem Aufbaue eines Systems eine grössere oder geringere Anzahl von Gewebearten und localen Einrichtungen. Meist sind die anatomisch-physiologischen Systeme zugleich Gewebesysteme. Dass dies aber auch nicht zu sein braucht, lehrt das Durchlüftungssystem und das System der Excretbehälter, von denen das erstere vorwiegend aus luftführenden, das letztere zum Theil aus secretführenden Intercellularen besteht.

---

[1]) HABERLANDT, Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig 1884.

Anatomisch-physiologische Systeme (Gewebesysteme).

Man kann folgende anatomisch-physiologische Systeme unterscheiden:[1])

1. Bildungsgewebesysteme, Meristeme.
2. Systeme des Schutzes,
   a) Hautsystem (Epidermis, Kork),
   b) Scelet system, mechanisches System (Collenchym, Bast, Libriform, Sclerenchym).
3. System der Ernährung,
   a) Absorptionssystem (Wurzelhaare, Haustorien).
   b) Assimilationssystem (Palissaden und Merenchym des Blattes).
   c) Leitungssystem (Gefässbündel, Leitparenchym, Markstrahlen, Paremchymscheiden, Milchröhren).
   d) Speichersystem (Reservebehälter der Samen, Rhizome, Knollen, Zwiebeln etc., Wassergewebe).
   e) Durchlüftungssystem (luftführende Intercellularen, Spaltöffnungen und Lenticellen).
   f) Secret- und Excretbehältersystem (Secretzellen, schizogene und lysigene Secreträume, Hautdrüsen).
4. Fortpflanzungssystem.[2])

1. Bildungsgewebe.

Unter dem Namen Bildungsgewebe, Theilungsgewebe oder Meristem[3]) (Nägeli) begreifen wir alle diejenigen Gewebe, die durch in ihnen sich vollziehende lebhafte Zelltheilungen die Masse des Pflanzenkörpers zu vermehren in erster Linie berufen sind. Sie stehen im Gegensatz zu den Dauergeweben, mit welchem Namen wir alle fertigen Gewebe bezeichnen. Die Function der Dauergewebe ist eine sehr mannigfaltige, die der Bildungsgewebe beruht einzig und allein in der Neubildung von Zellen. Sie stellen gewissermassen den embryonalen Zustand der Dauergewebe dar und liefern das Zellmaterial zu diesen.

---

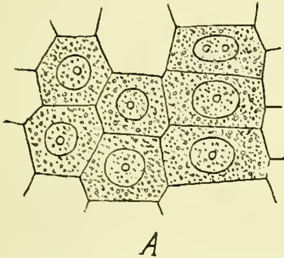
[1]) Ich folge Haberlandt's Eintheilung. — Sachs unterscheidet: Hautgewebe, Stranggewebe, Grundgewebe. Der letztere Ausdruck, neben dem auch wohl die Bezeichnung Füllgewebe oder Grundparenchym als gleichbedeutend gebraucht wird, soll im Folgenden der Kürze wegen noch da und dort beibehalten werden, trotzdem das Grundgewebe die verschiedensten Gewebe umfasst. Am meisten Berechtigung hat die Bezeichnung Grundgewebe bei den Stengelorganen der *Monocotylen* — de Bary unterscheidet als Zellengewebe: Epidermis, Parenchym, Kork.

[2]) Das Fortpflanzungssystem wird in diesem Bande nicht abgehandelt.

[3]) μερίζω theile.

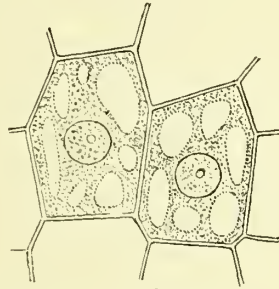
Bildungsgewebe finden wir daher in erster Linie in den wachsenden Theilen der Pflanzen. Solche Punkte lebhaftesten Wachsthums sind der Vegetationspunkt des Stengels (Sprossscheitel) und der Wurzel (Wurzelspitze), beide liegen an der Spitze der betreffenden Organe. Aber auch jeder Seitenspross und jede Seitenwurzel hat ihren besonderen Vegetationspunkt,

Fig. 238.



A
Plasmaerfüllte meristematische Zellen mit Zellkern.

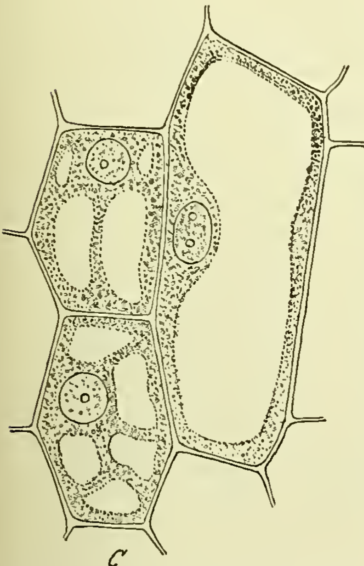
Fig. 239.



B
Meristematische Zellen mit Vacuolen und Zellkern.

so dass die Zahl derselben eine sehr grosse zu sein pflegt. Das Bildungsgewebe der Vegetationspunkte wird als Urmeristem bezeichnet. Es differenzirt sich früher oder später in die drei primären Meristeme der Vegetationsspitze, das Protoderm[1]), das Procambium[2]) und das Grundmeristem (HABERLANDT). Aus dem peripherisch gelagerten Protoderm geht im weiteren Verlaufe der Entwicklung dann vornehmlich die Epidermis und ihre Anhangsorgane hervor, das weiter nach Innen zu folgende Procambium erzeugt die Gefässbündel und Skeletstränge, das centrale Grundmeristem vorwiegend das sogenannte Grundgewebe, Grundparenchym, besonders das Mark, das Leitparenchym und das Assimilationsgewebe. Während die Zellen des Urmeristems stets isodiametrisch[3]) sind und lückenlos aneinander schliessen (Fig. 238 bis 240), bleibt dieser Zustand nur bei dem Protoderm bestehen; die weiten, gleichfalls isodiametrischen oder wenig gestreckten Zellen des Grundmeristems lassen zwischen sich luftführende Intercellularen erkennen und die Zellen des Procambiums erscheinen eng, gestreckt und an den Enden prosenchymatisch zugespitzt.

Fig. 240.



C
Meristematische Zellen, deren Vacuolen zu einem centralen Saftraum zusammenzufliessen beginnen. Fig. 238—240 successive Stadien darstellend (Kienitz-Gerloff).

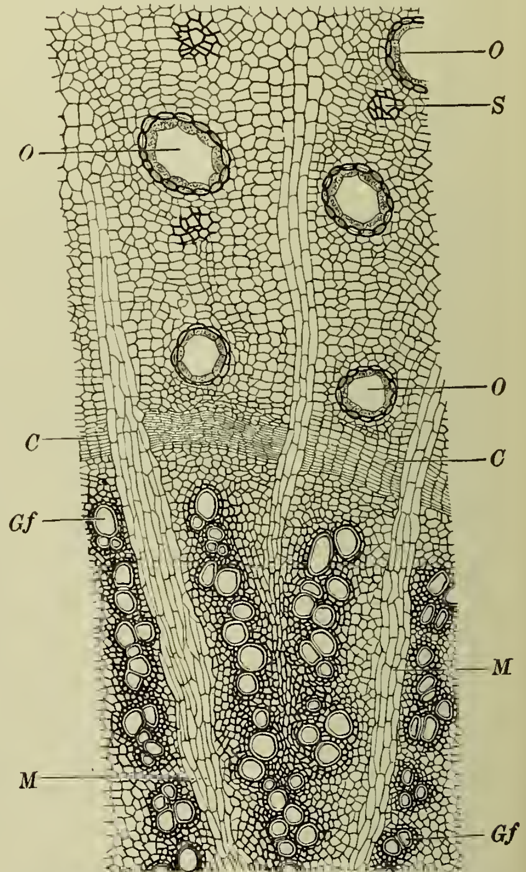
Dies sind die ersten Veränderungen im Bau der Zellen, die zu der Entstehung der so mannigfaltigen Zellformen der Dauergewebe führen. Die Streckung der Bastzellen und der Gefässbündelelemente ist also schon hier (durch die Streckung der Procambiumzellen) angedeutet.

[1]) πρῶτος, erster; δέρμα Haut.
[2]) *pro*, vor.
[3]) ἴσος gleich; διάμετρος Durchmesser.

Das aus dem Grundmeristem hervorgehende Parenchym (z. B. des Markes) nennt man Protenparenchym. Da aber auch aus dem Procambium Parenchym hervorgehen kann, hat man letzteres als Epenparenchym (Epen) unterschieden (Nägeli).

Von den primären Meristemen verharrt für gewöhnlich das Procambium am längsten wenigstens theilweise im Zustande eines Bildungsgewebes. Bei zahlreichen zu Gefässbündeln sich differenzirenden Procambiumsträngen der *Dicotylen* und *Gymnospermen* werden gewisse Partien des Procambiums überhaupt niemals zu Dauergewebe, sondern bleiben, als eine, das Bündel quer durchsetzende, Holztheil und Siebtheil trennende, Cambiumzone (Cambiumlinie) dauernd in meristematischem, also theilungsfähigem Zustande erhalten — auf diese Weise das secundäre Dickenwachsthum ermöglichend. Bei den *Monocotylen* und *Farnen* geht der gesammte Procambiumstrang in Gefässbündelelemente über und es bleibt kein Cambium zwischen Siebtheil und Gefässtheil erhalten. Die Bündel dieser Pflanzen zeigen daher kein secundäres Dickenwachsthum. Man hat sie als geschlossene Bündel von den offenen der *Dicotylen* und *Gymnospermen* unterschieden

Fig. 241.



Querschnitt durch die cambiale Region der *Angelica*-Wurzel. *Gf* Gefässe, *M* Markstrahl, *C* Cambium, *O* Oelbehälter, *S* Siebelemente (Tschirch).

Im Urmeristem, am Vegetationspunkte des Stengels (dem Sprossscheitel) der *Angiospermen*, unterscheidet Hanstein [1]) folgende drei Meristeme (Histogene [2]): das Plerom [3]), den centralen, axilen Gewebestrang, dessen Zellen stets parallel der Axe etwas gestreckt sind, das mantelartig darum gelegte Periblem [4]) aus mehreren concentrischen Zelllagen gebildet und das Dermatogen [5]) (Protoderm), die äusserste Zellreihe bildend. Jedes dieser Histogene besitzt in der Scheitelregion eine oder mehrere Initialzellen (Scheitelzelle). Mit Initialzellen bezeichnet man eine Zelle, die als Ausgangsglied einer ganzen Reihe von Zellen zu betrachten ist.

Auch bei der Wurzelspitze der höheren Pflanzen lässt sich ein centrales Plerom, ein peripherisches Dermatogen (Protoderm) und ein

[1]) Hanstein, Die Scheitelzellgruppe im Vegetationspunkt der *Phanerogamen*. Festschrift d. niederrheinischen Ges. f. Naturkunde, 1868 und Bot. Abhandl. I. Band, 1870.

[2]) ἱστίον Gewebe; γεννάω erzeuge.

[3]) πλήρωμα Ausfüllung.

[4]) περί ringsum; βλῆτρον Reifen.

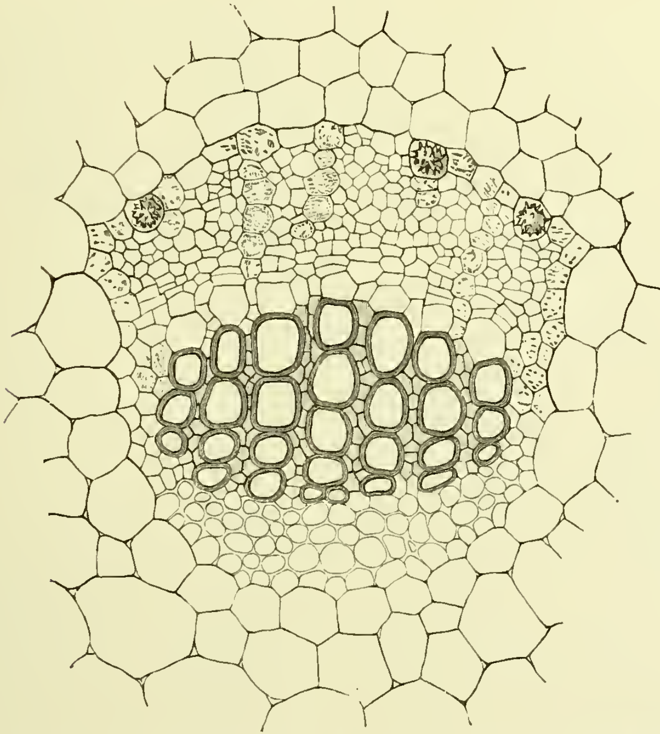
[5]) δέρμα Haut; γεννάω erzeuge.

zwischen beiden gelegenes Periblem unterscheiden, doch tritt hier noch bisweilen ein drittes gesondertes Bildungsgewebe für die Wurzelhaube hinzu [1]), das Calyptrogen. [2])

Im Grossen und Ganzen kann man sagen, dass bei den Stengelorganen und den Wurzeln das Dermatogen die Epidermis liefert, dass bei den Wurzeln das Plerom zum centralen Gefässbündel (und bisweilen auch zu Mark) wird, bei den Stengelorganen aber das Mark und den Gefässbündelcylinder liefert, und dass das Periblem bei den Wurzeln und Stengelorganen zur primären Rinde wird.

Derartige complicirte Verhältnisse finden sich jedoch nur bei den höheren Pflanzen, bei den niederen besteht die Vegetationsspitze meist nur

Fig. 242.



Collaterales Gefässbündel aus dem Blatte von *Malva silvestris*. Zwischen Gefäss- und Siebtheil liegt eine Cambiumzone (Haberlandt).

aus einer einzigen Scheitelzelle (Initialzelle) und auch rückwärts vom Scheitel findet eine Differenzirung des Meristems nicht statt, wie ja denn überhaupt bei diesen Pflanzen, z. B. den Algen *(Carrageen)*, eine innere Gliederung der Vegetationsorgane nur eben erst angedeutet ist, Gefässbündel noch ganz fehlen und auch eine Epidermis mehr markirt, wie scharf ausgebildet ist.

Ausser den für die Pflanze wichtigsten Meristemen der Vegetationsspitzen der Stengel und Wurzeln gibt es nun aber auch andere Orte, wo

---

[1]) Die Wurzelhaube verdankt jedoch nicht immer diesem Calyptrogen ihre Entstehung, vielmehr betheiligen sich auch oftmals andere Meristeme, besonders das Protoderm an ihrer Bildung. Auf die Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden.

[2]) καλύπτρα Deckel, Schleier, Haube; von Janczewski (Ann. sc. nat. 5. Sér. T. XX) eingeführter Ausdruck.

wir Bildungsgewebe antreffen. Des Cambiums, der centralen, dauernd in meristematischem Zustande verharrenden, Procambiumzone ist schon oben gedacht worden (Fig. 242).

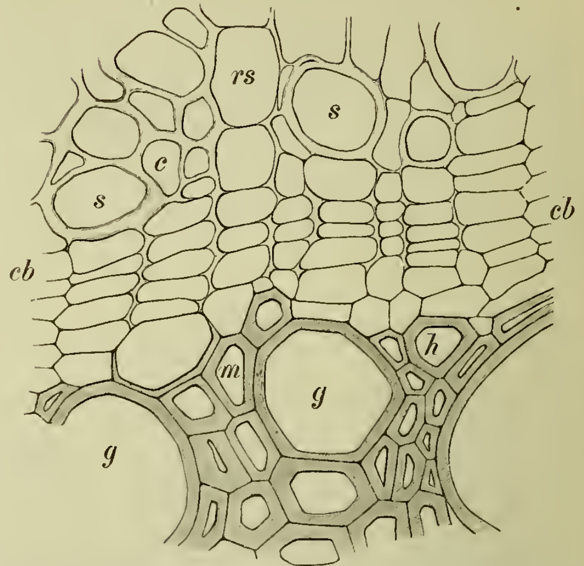


Fig. 243.

Cambiale Partie des Stengels von *Solanum Dulcamara*. *cb* Cambium, *s* Siebröhren, *c* Cambiumform, *rs* Rindenstrahl, *m* Markstrahl, *g* Gefäss, *h* Holzzelle (Tschirch).

Bei den Stengeln der Gräser findet sich über jedem Knoten eine Zone von Bildungsgewebe — an ihrer lichteren Farbe sofort bei jedem Getreidehalm zu erkennen —, die zu dem darüber gelegenen Internodiumsabschnitte in demselben entwicklungsgeschichtlichen Verhältnisse steht, wie ein Vegetationspunkt zu den rückwärts gelegenen Stengelpartien. Derartige, zwischen Dauergewebe eingeschaltete Wachsthumszonen nennt man intercalare.[1]) Sie finden sich auch in der Blüthenregion, und wohl die meisten jungen Blätter besitzen, da ihre Spitze und ihr Rand zuerst in Dauerzustand übergeht, eine basale Zone intercalaren Wachsthums. Auch das Cambium ist in gewisser Beziehung intercalar, d. h. zwischen eingeschaltet.

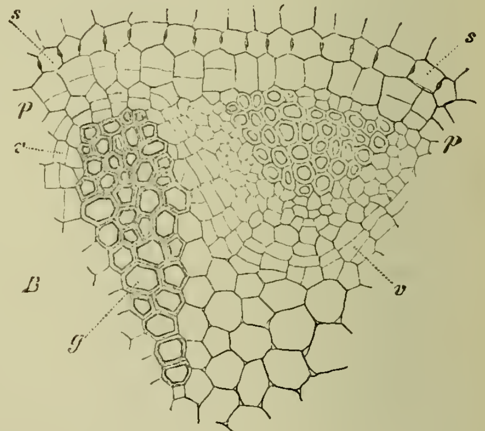


Fig. 244.

Ein radiales Bündel der Hauptwurzel von *Vicia Faba* nach Beginn des secundären Dickenwachsthums. Zwischen Holztheil (*g*) und Siebtheil hat sich secundäres Cambium (*v*) gebildet. *p* Pericambium, *s* Schutzscheide (Haberlandt).

Die bisher behandelten Meristeme kann man als primäre bezeichnen, da sie alle als solche im Urmeristem angelegt wurden und an einem Punkte dauernd in meristematischem Zustande verharren. Dies ist für die drei primären Meristeme Protoderm, Procambium und Grundmeristem, sowie für das primäre Cambium ohne Weiteres klar, aber auch die intercalaren Wachsthumszonen sind nicht aus Dauergewebe hervorgegangen, sondern verblieben vom Anfang an im Bildungszustande.

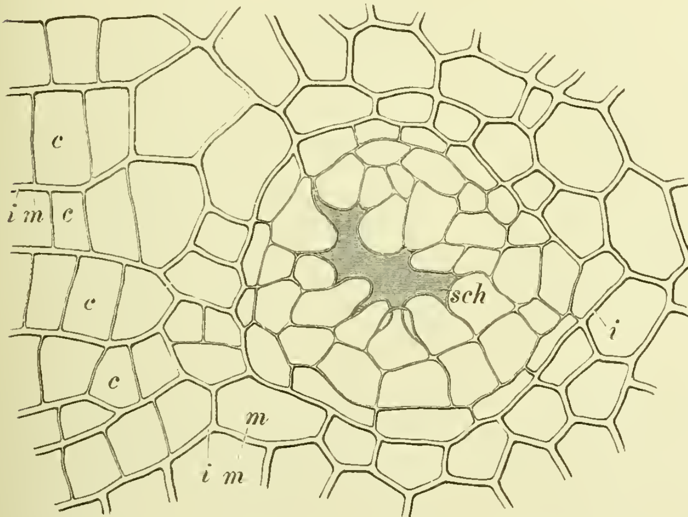
Anders ist es mit den sogenannten secundären oder Folgemeristemen. Dieselben entstehen stets aus lebenden, plasmaführenden Dauergewebszellen. Stets sind es Parenchymzellen, die ihnen als Ausgangs-

---

[1]) *intercalaris*, zum Einschalten gehörig, eingeschaltet.

punkte dienen. Ja, man kann sagen, dass jede lebende Parenchymzelle im Stande ist, durch wiederholte Theilungen in ein Folgemeristem überzugehen. Hier tritt also eine Zelle, die schon aus dem meristematischen Zustande in den Dauerzustand übergegangen war, wieder in jenen zurück. Es findet ein Functionswechsel statt. Solche Folgemeristeme entstehen ganz regelmässig aus dem zwischen den primären Bündeln der Stengel der *Dicotylen* liegenden Parenchymstreifen und bilden das sogenannte Interfascicularcambium[1]), auch das Korkcambium oder Phellogen[2]), sowohl das normale als das Wundkorkphellogen ist ein Folgemeristem. Es entsteht aus Rindenparenchym. Ebenso ist jede Zelle des Pericambiums[3]) der Wurzeln (s. Leitungsgewebe) befähigt, durch wiederholte Theilungen in ein Folgemeristem überzugehen (Fig. 244) (Anlage der Nebenwurzeln). Das Gleiche gilt von den Zellen der den Siebtheil und den Holztheil trennenden Gewebepartien radialer Gefässbündel von Wurzeln, die sich anschicken, in collaterale überzugehen (Fig 244) *(Rad. valerianae)*. Einen sehr eigenthümlichen Fall von Bildung eines cambialen Folgemeristems finden wir in den Knollen der *Jalape,* wo mitten im Holzkörper Streifen von Holzparenchym durch successive Theilungen in cambialen Zustand übergehen und nach der einen Seite Holz-, nach der anderen Siebelemente abscheiden (Fig. 246). Etwas ähnliches findet sich im *Rhabarber*-Rhizom[4]) und der *Alcanna*-Wurzel und führt bei ersterem zur Entstehung der Maserstrahlenkreise. Auch alle Adventivsprosse entstehen aus Folgemeristemen.

Fig. 245.



Schizo-lysigener Schleimgang *(sch)* im Querschnitt aus der Rinde eines dicken *Laminaria stipes*, *i* verschleimte Intercellularsubstanz, *m* dünne secundäre Membran, *c* „Cambium“ (Tschirch).

Man kann daher die Folgemeristeme in Folgemeristeme im engeren Sinne (Phellogen, Pericambium, Meristem der Adventivsprosse) und Folgecambien (Interfascicularcambium, secundäres Cambium radialer Bündel, Cambium der *Jalape)* trennen. Nur die letzteren bilden nach der einen Seite Holz, nach der anderen Siebelemente.

Die Meristeme der Schutzscheide fasst Haberlandt unter dem Namen Coleogen zusammen.

Die Zellen aller Bildungsgewebe besitzen zarte[5]), eine leichte Diffusion der Stoffe ermöglichende Wandungen, die aus Cellulose bestehen und noch keinerlei Verdickungsschichten zeigen: es sind noch die primären

---

[1]) *inter,* zwischen; fasciculus, Bündel.
[2]) φελλός Kork; γεννάω erzeuge.
[3]) περί um, herum.
[4]) Schmitz, Bot. Zeit. 1875, S. 260.
[5]) Daher löst sich die Rinde der Bäume stets an der Cambiumzone leicht vom Holzkörper ab. Dort reissen die Zellen am leichtesten.

Membranen. Ihr Inhalt ist ausserordentlich plasmareich und arm an sonstigen Einschlüssen (Stärke). Der Zellkern ist stets sehr deutlich ausgebildet, meist auffallend gross. Die Zellen sind also mit plastischem Bildungsmaterial vollgepfropft. Die Zelltheilungen gehen in den Vegetationspunkten sehr rasch, bei den Cambien langsamer vor sich.

Da die Meristeme sehr zartwandig sind, so bedürfen sie des Schutzes. Die im Innern des Pflanzenkörpers liegenden (Cambium, Phellogen etc.) sind durch ihre Lage ausreichend geschützt, die freiliegenden dagegen, die Vegetationspunkte des Stengels und der Wurzel, werden, erstere durch die kappenförmig übergreifenden jungen, oft stark behaarten Blattanlagen, die im Knospenzustande ihrerseits noch von derben Hüllblättern umgeben sind, letztere durch die Wurzelhaube sehr wirksam geschützt. Die intercalare Wachsthumszone der Grashalme ist stets durch die sie umhüllende Blattscheide gegen Verletzung und Bruch gesichert (Getreidestengel). Die Niederblattmanschetten an den Knoten der unterirdischen Stengelorgane der *Gramineen* und *Cyperaceen (Rhiz. caricis* und *graminis)* bedecken ebenfalls intercalare Wachsthumszonen. Auch das Einrollen einiger junger Blattorgane, wie z. B. der Farne, erfolgt zum Zwecke des Schutzes der Vegetationsspitze.

Die Drogen bestehen vorwiegend aus Dauergewebe, doch ist bei dicotylen Stengeln *(Stipites Dulcamarae*, Fig. 243) und Wurzeln *(Rad. angelicae* [Fig. 241], *R. althaeae)* das Cambium, bei der *Jalape* (Fig. 246) die secundären Meristeme deutlich und leicht aufzufinden. Vegetationspunkte lassen sich bei zahlreichen Kräutern in den Achseln der Blätter auffinden und nach vorherigem Einlegen der Droge in verdünntes Ammoniak und Alkohol herauspräpariren. Das Phellogen ist deutlich bei der *Eiche,* das Interfascicularcambium an jungen *Ricinus*- und Bohnenstengeln. Procambiumstränge finden sich in der Radicula und den Cotyledonen fast aller Samen *(Tamarindus, Phaseolus, Capsicum, Ceratonia, Amygdalus Trigonella faenum graec.* (Fig. 193), *Sinapis* (Fig. 377), *Cacao* (Fig. 202 pc.), *Ricinus)*, sowie im Scutellum der Gräser *(Mais* (Fig. 356), *Triticum)*. Dieselben werden bei der Keimung der Samen, für gewöhnlich schon frühzeitig, sobald die Stoffleitung beginnt, zu Gefässbündelchen.

2. Das Hautsystem.

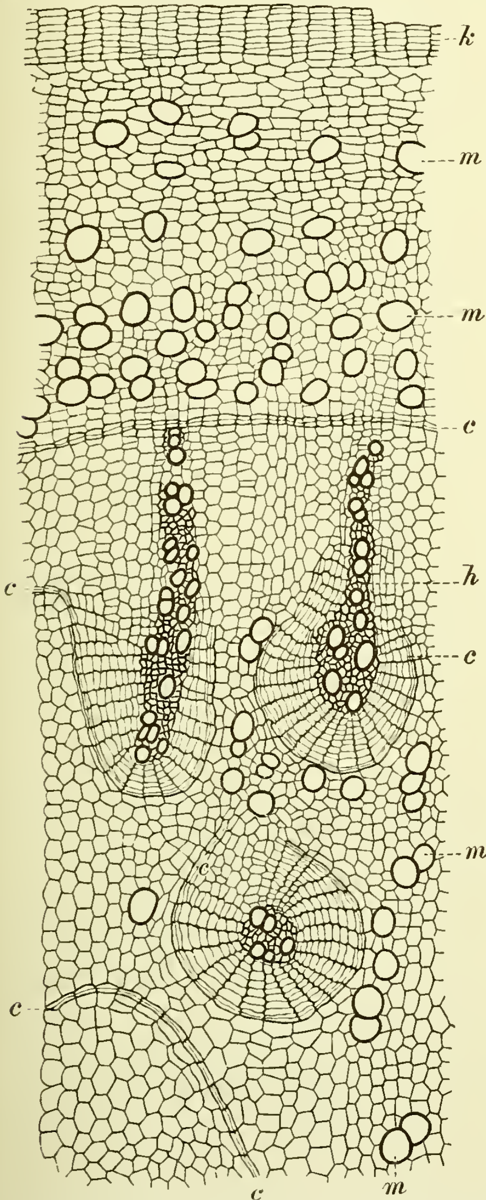
Das Hautsystem ist, wie schon aus dem Namen hervorgeht, das am meisten peripherisch gelagerte aller Systeme. Es begrenzt die Organe der Pflanze nach Aussen und dient ihnen als schützende Hülle.

Bei den niederen Pflanzen, die nur aus einer Zelle oder einem Zellfaden bestehen, ist natürlich auch ein Hautsystem nicht entwickelt; hier ist die Membran der Zelle auch zugleich die Haut der ganzen Pflanze. Bei den aus Zellkörpern gebildeten Cryptogamen, z. B. den höheren Algen *(Carrageen, Laminaria)*, ist ein eigentliches Hautsystem auch noch nicht entwickelt, doch werden die Zellen der Randschicht nach Aussen zu immer enger, schliessen fester aneinander und die äusserste Schicht entspricht wenigstens functionell dem typischen Hautsystem der höheren Gewächse (Fig. 207). Bei den Flechten, die die grellsten Schwankungen zwischen gänzlicher Trockenheit und triefender Benetzung zu ertragen vermögen, ist ein schützendes Hautgewebe noch am besten entwickelt, indem hier die peripherischen Hyphenschichten fast bis zum Verschwinden der Lumina verdickt sind *(Cetraria islandica* (Fig. 234), *Usnea)*.

Erst bei den höheren Gewächsen wird das Hautsystem anatomisch differenzirt und erscheint alsdann scharf von den übrigen Systemen gesondert. Es wird gebildet von der Epidermis (mit ihren Anhangsorganen) und dem Kork.

Die Function von Epidermis und Kork ist Schutz der Pflanzenorgane gegen äussere Einflüsse. In erster Linie sind sie berufen, die allzu grosse Transpiration zu verhindern und wir werden alsbald sehen, dass beide mit Einrichtungen versehen sind, welche in der That die Verdunstung des Wassers sehr verlangsamen. Ohne das Hautsystem würden die Pflanzen sehr rasch welken. Alsdann dient dasselbe dazu, um die pflanzlichen Gewebe gegen mechanische Verletzungen durch Thiere, Pilze, Sandwehen etc. zu schützen und endlich gibt es auch einige Fälle, wo das Hautsystem dazu berufen ist, bestimmte Gewebe gegen zu intensive Beleuchtung oder allzu starken Temperaturwechsel zu schützen. Das Hautsystem ist also ein System des Schutzes in ausgesprochenstem Maasse.

Fig. 246.



Querschnitt durch die Randpartie des *Jalapen*-Knollen. *k* Kork, *m* Milchsaftzellen, *c* Cambien, zu äusserst das primäre Cambium, im Innern zahlreiche Folgecambien (Tschirch).

Die Epidermis.

Als Epidermis oder Oberhaut bezeichnen wir die oberflächlich gelegene Zellschicht, deren anatomische Merkmale erkennen lassen, dass sie ihrer Hauptfunction nach als primäres Hautgewebe fungirt (Haberlandt[1]). Demgemäss sind die entwicklungsgeschichtlich und anatomisch-topographisch zur Epidermis gehörigen Spaltöffnungen und Wurzelhaare aus dem epidermalen Hautgewebe zu streichen, erstere, da sie der Durchlüftung dienen, dem Durchlüftungssysteme, letztere, da sie die Stoffe aus dem Boden aufnehmen, dem Absorptionssystem zuzuweisen.

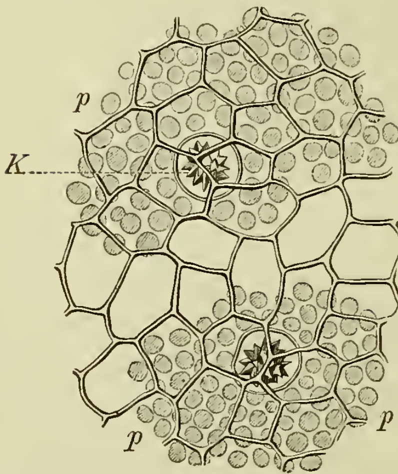
Wie schon oben kurz angedeutet, fehlt den *Thallophyten* ein distinctes Hautgewebe — also auch eine eigentliche Epidermis. Doch werden die Zellen der Randpartie nach aussen zu meist kleiner und dickwandiger und oftmals gefärbt. So bei *Cetraria, Usnea, Carageen, Laminaria,* den Sclerotien von *Claviceps purpurea,* dem Moosstämmchen (Fig. 207, 234, 235).

Bei den Stämmen der Farne wird erst in einem späteren Stadium

[1]) de Bary diagnosticirt: „Epidermis heisst die durch die Cuticula bedeckte, diese erzeugende Zellschicht, welche die Oberfläche mehrschichtiger Pflanzenkörper vom Beginn der Gewebesonderung an zeitlebens oder bis zum Eintritt der sie ersetzenden Korkbildung bildet."

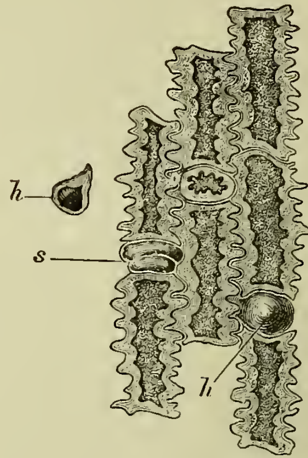
nach wiederholten Theilungen eine zur Epidermis sich entwickelnde Dermatogenschicht (s. oben S. 236) am Stammscheitel abgeschieden, niemals ist

Fig. 247.



Flächenansicht der Epidermis der Oberseite des Blattes von *Juglans regia* (Vogl).

Fig 248.



Oberhautzellen der Gerste (Langzellen und Kurzzellen); *h* Haare, *s* Kurzzellen (J. Möller).

eine solche, wie bei den höheren Gewächsen ausnahmslos, schon als primäres Meristem in Form einer einreihigen peripherischen Schicht am Scheitel angelegt. Bei den höheren Gewächsen entsteht die Epidermis stets aus dem Protoderm (s. oben S. 235) und grenzt sich schon im jugendlichsten Stadium von den übrigen Geweben scharf ab — früher als alle anderen.

Fig. 249.



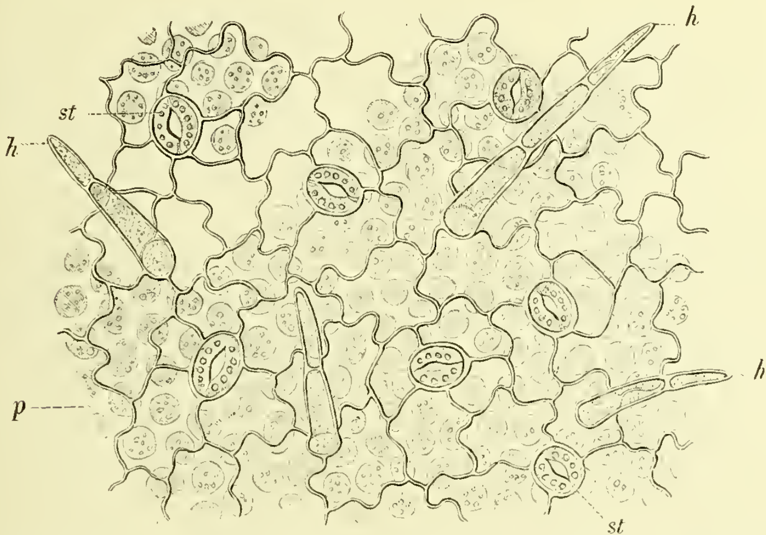
Flächenansicht der Epidermis der Blattunterseite von *Conium maculatum*. *st* Spaltöffnung (Vogl).

Die Zellen der Epidermis sind dadurch charakterisirt, dass sie in lückenlosem Verbande[1]) mit einander stehen und der Regel nach tafel- oder plattenförmige Gestalt besitzen, also mehr breit wie hoch sind. Die Höhe ist meist sogar erheblich geringer als der grössere oder als beide Flächendurchmesser. Sehr hohe Epidermiszellen finden sich bei Samenschalen, so bei der Palissadenepidermis von *Phaseolus, Lupinus, Abrus* (Fig. 263), *Trigonella* (Fig. 192). An flach ausgebreiteten oder kugeligen Organen, wie z. B. den Laub- und Blüthenblättern der *Dicotylen* oder den Samen pflegen die Epidermiszellen, von der Fläche gesehen, isodiametrisch (*Fol. Juglandis* [Oberseite Fig. 247], *Fol. Aurantii, Fol. Sennae,* Blüthenblätter: *Flor. verbasci, Flor. arnicae,* einige Stengel krautiger Pflanzen) oder unregelmässig-wellig (*Fol. menthae* [Fig. 266], *Fol.*

[1]) Ueber die sogenannten Intercellularlücken zwischen den Epidermiszellen der Blüthenblätter ist Hiller, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1884, S. 21, zu vergleichen.

absinthii [Unterseite]. *Fol. hyoscyami* [Fig. 250], *Fol. belladonnae* [Fig. 251], Corolle der Blüthen [besonders Unterseite], *Flor. rhoeados* [Fig. 258], *Flor.*

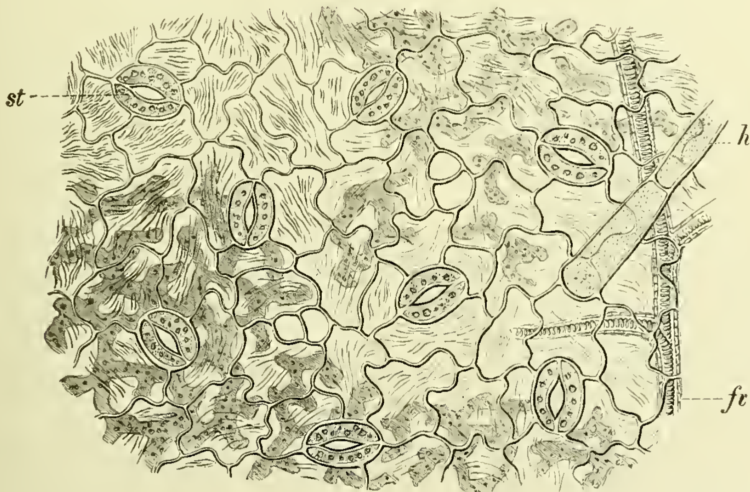
Fig. 250.



Fol. Hyoscyami (Hyoscyamus niger). Flächenschnitt durch die Blattoberseite. In der Epidermis Spaltöffnungen *(st)* und Haare *(h)* — die Palissadenzellen *(p)* durchscheinend (Vogl).

chamom.) zu sein. Bei langgestreckten Organen dagegen, wie den Stengeln, Wurzeln, den Blättern der *Monocotylen* u. a., sowie an den supranervalen Partien der Blätter der *Dicotylen* sind sie der Regel nach in der Richtung der Organsaxe gestreckt (Fig. 259, 265, 266), ja können sogar unter Umständen

Fig. 251.

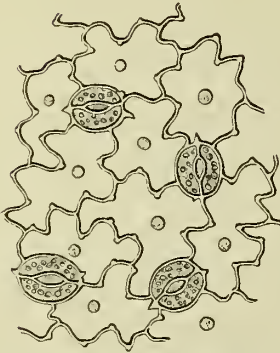


Fol. belladonnae (Atropa Belladonna). Flächenschnitt durch die Blattunterseite; unter der mit gestreifter Cuticula, Spaltöffnungen *(st)* und Haaren *(h)* versehenen Epidermis scheinen das Schwammparenchym und die Gefässbündel *(fv)* durch (Vogl).

eine ausserordentliche Länge erreichen *(Macis)*. Quergestreckte Epidermiszellen sind selten, ebenso wie spindelförmige (prosenchymatische). Abwech-

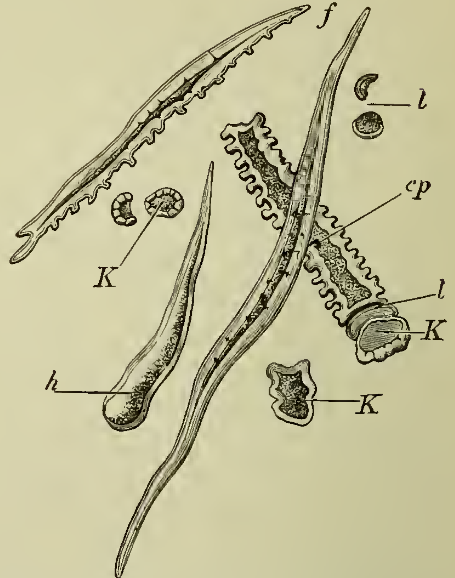
selnd kurze und lange Epidermiszellen (Kurzzellen und Langzellen) finden

Fig. 252.



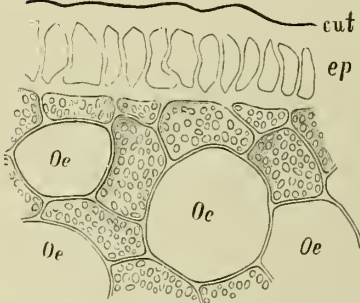
Epidermis der Blattunterseite von *Aconitum Napellus*, von der Fläche gesehen (Vogl).

Fig. 253.



Isolirte Zellen der Haferspelze. *ep* eine Oberhautzelle (Langzelle) mit einer halbmondförmigen *(l)* und einer sog. Kiesel-Zelle *(K)* (Kurzzellen), *h* eines der längeren Haare vom Spelzenrande, *f* gezähnte Faserzellen (Möller).

Fig. 254.

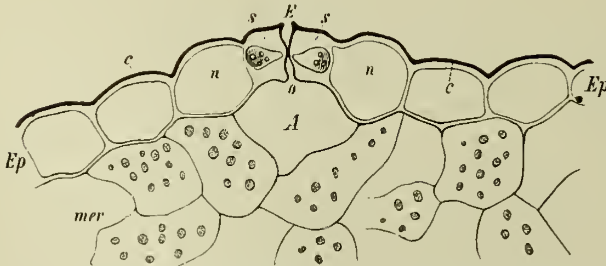


Randpartie der *Macis* im Querschnitt. *ep* Epidermis, *cut* Cuticula, *Oe* Oelzellen, dazwischen Parenchym mit Amylodextrinstärke (Tschirch).

sich bei der Epidermis zahlreicher Gräser *(Rhiz. graminis*, Fruchtspelzen, Fig. 248, 253).

Ferner kann es als Regel gelten, dass die Aussenwand der Epidermiszellen sehr stark, die Seitenwände, Flankenwände [1]) (d. h. die rechtwinklig zu jenen, gerichteten) dagegen nur sehr schwach verdickt sind. Die Aussenwand ist ausserdem noch dadurch charakterisirt, dass sie stets von einem zarten Häutchen, der Cuticula, bedeckt ist (Fig. 254, 255). [2])

Fig. 255.



Querschnitt durch die Epidermis (*Ep*) der Blattunterseite von *Mentha piperata*, *s* Spaltöffnung, *n* Nebenzellen, *c* Cuticula, *mer* Merenchym (Tschirch).

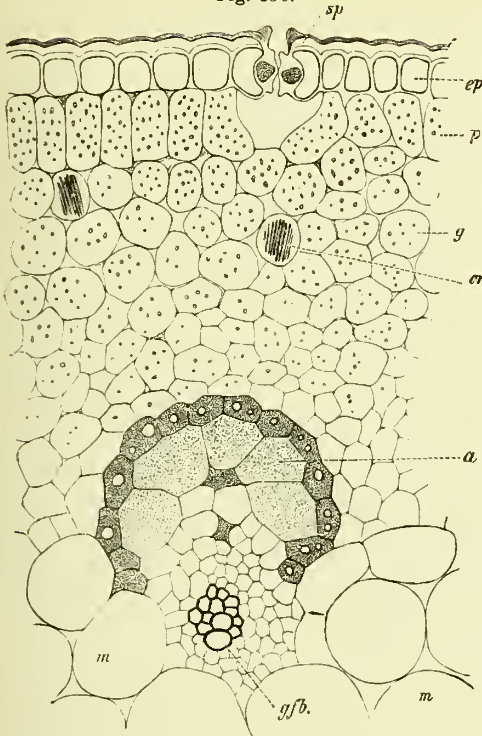
Besonders charakteristisch für die Function der Epidermis ist die Ausbildung der Aussenwand. Die Epidermis wird nämlich, um so vollkommener ihre Function, die Transpirationsgrösse der Gewebe auf ein möglichst geringes Maass herabzusetzen, erfüllen, je dicker

[1]) Die Länge der Seitenwand bestimmt die „Höhe" der Zelle.

[2]) Die von Frank (Beiträge z. Pflanzenphysiologie) für cuticularisirte Häutchen gehaltenen zarten Auskleidungen der grossen Intercellularen von *Nuphar* werden hier, wie bei den übrigen Wasser- und Sumpfgewächsen von Intercellularsubstanz gebildet (Schenck, s. S. 189).

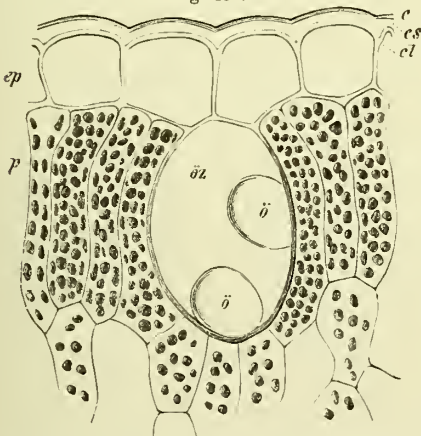
die Aussenwand und je stärker die Cuticularisirung derselben ist. Dabei fällt ganz besonders in's Gewicht, dass sowohl die Cuticula selbst, wie auch die Cuticularschichten (s. oben S. 181) die bemerkenswerthe Eigenschaft besitzen, für Wasser und Wasserdampf bis zu gewissem Grade impermeabel zu sein. — Diesen Verhältnissen entspricht es nun, dass die Organe aller submersen [1]) Wasserpflanzen eine dünne Epidermisaussenwand und eine sehr zarte Cuticula besitzen *(Elodea canadensis)*, die krautigen Organe aller Landpflanzen, welche einem gemässigten, nicht zu trockenen Klima angepasst sind, schon sowohl eine dickere Aussenwand als wie auch eine stärkere Cuticula zeigen (Blätter unserer Laubbäume und Kräuter, Fig. 255) und die Pflanzen endlich, welche heisse und trockene Gegenden bewohnen oder an trockenen Standorten vorkommen, eine sehr dicke Epidermisaussenwand und starke Cuticularisirung derselben erkennen lassen (vergl. auch oben S. 181 und Fig. 256). Bei letzteren Pflanzen werden unterhalb der Cuticula der Regel nach noch eine oder mehrere Cuticularschichten ausgebildet (Blätter von *Aloë* (Fig. 256), *Sassafras* (Fig. 257), *Xantorrhoea*, Deckblätter von *Artemisia maritima* (Fig. 139), Zweige von *Garcinia Mangostana)*, die mit der Cuticula die Eigenschaft theilen, für Wasserdampf schwer durchdringbar zu sein. Eine solche Epidermisaussenwand besteht also aus einer inneren Celluloseschicht, den mittleren, in ihrer Mächtigkeit variirenden, in die Celluloseschicht meist zapfenartig vorspringenden Cuticularschichten und der zu äusserst gelegenen Cuticula (Fig. 257 *cl, cs, c*). Bisweilen werden der Epidermisaussenwand als weiterer Schutz noch Calkoxalatkristalle eingelagert *(Welwitschia, Mesembryanthemum)*. Auch die Verkieselung (s. unten S. 191) ist als ein der Cuticularisirung äquiva-

Fig. 256.



Querschnitt durch den Randtheil des Blattes von *Aloë socotrina Lam.* *ep* die Oberhaut mit der Spaltöffnung (*sp*), die Aussenwand zeigt Cuticula und Cuticularschichten, *p* und *g* Parenchym mit Chlorophyll und Raphiden (*cr*), *a* Aloëzellen, *gfb* Gefässbündel, *m* Mark (Tschirch).

Fig. 257.

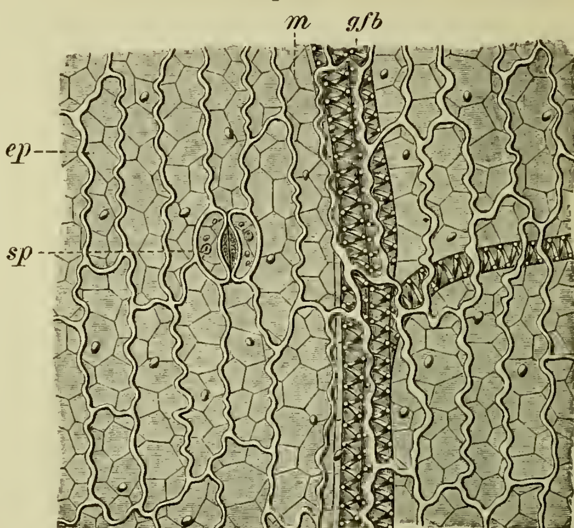


Querschnitt durch eine Oelzelle mit umgebendem Gewebe des Blattes von *Sassafras officin.* *ep* Epidermis, *c* Cuticula, *cs* Cuticularschichten, *cl* Celluloselamelle, *öz* Oelzelle mit *(ö)* Oeltropfen, *p* Palissadengewebe (Tschirch).

[1]) *submergere*, untertauchen.

lenter Process zu betrachten. Bezüglich der Einzelheiten ist das Capitel über die Cuticula (S. 180) zu vergleichen. Die in zahlreichen Fällen beobachteten tüpfelartigen Streifungen der Epidermisaussenwand sind in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle nicht Tüpfel, sondern Faltungen (AMBRONN).

Fig. 258.

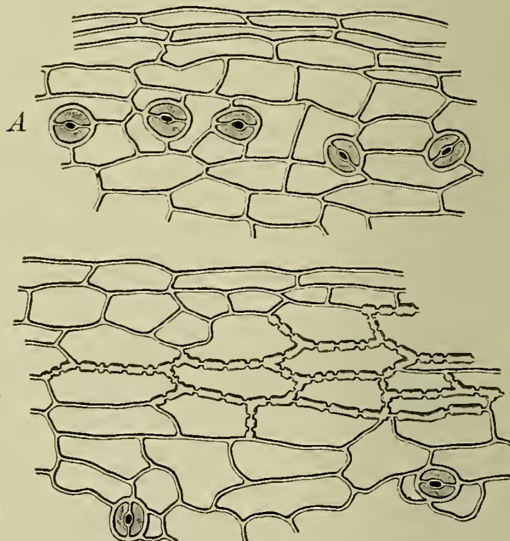


Flächenschnitt durch ein Blüthenblatt von *Papaver Rhoeas L.* *ep* Epidermiszellen mit Zellkern, *sp* Spaltöffnung, *m* Mittelschicht, *gfb* Gefässbündel (Tschirch).

Eine zarte Cuticula haben Griffel, Staubblätter, Blumenblätter, die in dem Samen eingeschlossenen Cotyledonen. Bei den Blättern sind die Epidermiszellen der Oberseite gewöhnlich höher als die der Unterseite und besitzen eine dickere Aussenwand. Auch bei einigen Algen findet sich bereits eine Cuticula *(Carrageen)*.

Dass die Epidermis in der That einen sehr erheblichen Schutz gegen zu hohe Transpirationsverluste bietet, lehrt folgender Versuch. Man wägt zwei Aepfel oder Pflaumen, entfernt bei dem einen Objecte mittelst eines Scalpells die Epidermis, bei dem anderen nicht und wägt beide nach Verlauf von einigen Stunden wieder. Es wird sich hierbei stets zeigen, dass die geschälten Früchte sehr viel mehr Wasser abgegeben haben, wie die ungeschälten.[1])

Fig. 259.



Oberhaut des *Conium*-Blattes (Hartwig).

Auch die Wachsüberzüge der Cuticula (s. oben S. 185) dienen dazu, die Transpirationsgrösse herabzusetzen, wie ich durch mehrere Versuche gezeigt habe.[2])

Dasselbe gilt jedoch nicht von den, der Epidermis aufliegenden Ausscheidungen von Calkcarbonat bei *Farnen*, *Saxifrageen* und *Plumbagineen*[3]),

---

[1]) Es verlor (nach HABERLANDT) ein Apfel

	mit Epidermis	ohne Epidermis	
nach 3 Stunden	0·150	3·855	
nach 24 Stunden	1·200	18·022	
nach weiteren 24 Stunden	1·188	14·055	Wasser.

[2]) TSCHIRCH, Ueber die Beziehungen der Assimilationsorgane zu Klima und Standort etc. Linnaea. 1881, S. 149.

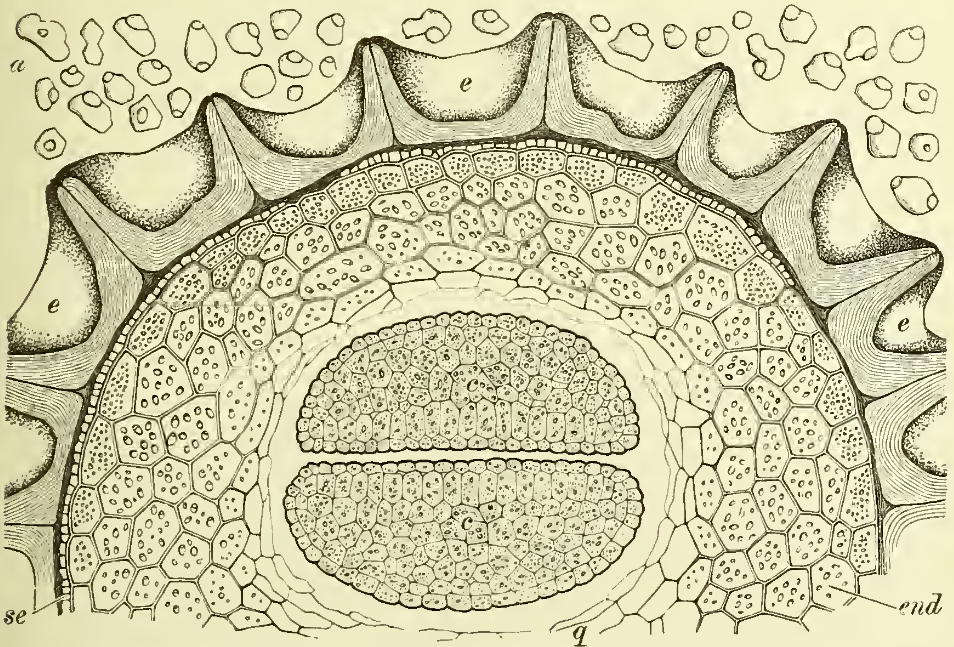
[3]) VOLKENS, Bericht d. deutsch. bot. Ges. II, S. 334.

die Verdunstungsrückstände ausgeschiedener, calkhaltiger Lösungen darstellen. Dagegen spielen die Ueberzüge hygroskopischer Salzgemische auf der Epidermis vieler Wüstenpflanzen eine grosse Rolle im Wasserhaushalte dieser Pflanzen.[1])

Eine auffallend dicke Aussenwand findet man auch bei allen den Epidermen, die, was im Allgemeinen selten vorkommt, eine lange Dauer haben und jahrelang bestehen bleiben wie z. B. bei den Vegetationsorganen von *Viscum album*, *Ilex*, *Acer striatum*, *Aristolochia*. Hier tritt zugleich die bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit hervor, dass die Aussenwand, während sie aussen abschülfert, allmälig von innen her regenerirt wird[2]), ein Process, der entfernte Aehnlichkeit mit der Abstossung und Regeneration des Korkes hat.

Bei der Epidermis der *Fol. uvae ursi* beträgt die Dicke der Epidermisaussenwand 13—14 Mik., bei der Fruchtschale von *Capsicum*

Fig. 260.



Querschnitt durch das Cotyledonarende des Samens von *Hyoscyamus niger*.
a Aleuronkörner isolirt, *e* Epidermis, *end* Endosperm, *q* Quellgewebe, *c* Cotyledonen (Tschirch).

annuum 16—24 Mik., bei dem Receptaculum von *Eugenia Caryophyllus* 13—14 Mik.

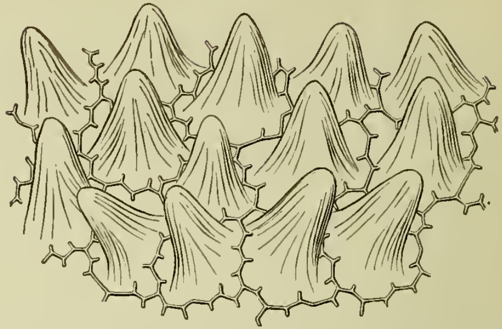
Ausser der Bedeutung für die Transpiration hat aber auch die Verdickung der Aussenwand eine mechanische Bedeutung. Denn, wie schon oben angeführt, soll ja die Epidermis auch als Schutz gegen mechanische Verletzungen dienen. Sie wird aber auch Veränderungen der Querschnittsform, die nothwendig eintreten müssten, wenn dem Organe bald durch Verdunstung Wasser entzogen, bald im Ueberschuss zugeführt wird, zu begegnen haben, was wiederum durch mechanische Aussteifung, also Verdickung, erzielt wird.

---

[1]) Volkens, Flora der egypt.-arab. Wüste. Berlin 1887.
[2]) Haberlandt, Anatomie, Fig. 21.

Mechanische Bedeutung hat auch die Wellung der übrigens meist zarten Seitenwände. Indem sich die einzelnen Epidermiszellen miteinander fest verzahnen, wird die Epidermis wirkungsvoll den auf sie in longitudinaler und transversaler Richtung wirkenden Zugkräften begegnen können. Solche Wellungen sind etwas überaus Häufiges (S. 242). Besonders finden wir sie bei den, sonstiger mechanischer Einrichtungen entbehrenden wenigschichtigen Blüthenblättern *(Flor. rhoeados* [Fig. 258], *Flor. Malvae arbor., Flor. chamomillae* u. and.[1]), bei Samenschalen *(Datura Stramonium, Capsicum annuum, Hyoscyamus)*, aber auch sonst häufig *(Monocotylenblätter)*.

Fig. 261.



Oberhaut des Blumenblattes von *Viola tricolor*. Jede Oberhautzelle ist in eine Papille ausgewachsen. Vergr. 300 (Wiesner).

Bemerkenswerth erscheint es, dass, wo Wellungen bei Blättern vorkommen, dieselben mehr oder weniger auf die von den Nerven begrenzten Blattfacetten beschränkt sind und über den Nerven fehlen (Fig. 259, 265, 266), wie man dies auch z. B. bei allen officinellen Blättern mit welliger Epidermis an Flächenschnitten leicht feststellen kann, und dass bei Pflanzen, die eine Wasser- und eine Landform besitzen (*Ranunculus*arten), nur die letztere gewellte Epidermiszellen besitzt (Askenasy).

Nicht nur mit einander sind die Epidermiszellen fest verbunden, auch mit dem unter der Epidermis gelegenen Gewebe finden sich bisweilen feste Verzahnungen. So besonders bei den Spelzen einiger Gräser (Reis, Hafer [Fig. 253], Gerste, Dinkel), wo Zapfen der hypodermalen Zellen in Löcher der inneren Epidermiszellwand eingefügt sind.[2])

Die Innenwand der Epidermis ist selten stark, sehr selten stärker wie die Aussenwand verdickt *(Bromeliaceen.* [3])

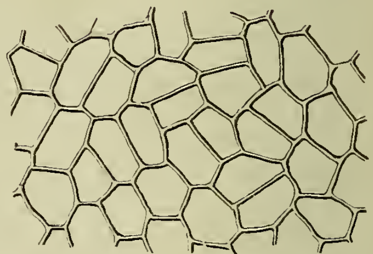
Dünne Aussenwände bei starker Verdickung der Seiten- und Innenwände ist gleichfalls etwas Seltenes, findet sich aber z. B. bei den Samen von *Hyoscyamus niger* und *Nicotiana*, wo die Aussenwand nur aus der Cuticula besteht (Fig. 260), sowie bei anderen *Solanaceensamen (Capsicum)*.

Fig. 262.

II



III



Fruct. lauri (Laurus nobilis). II Sclereïdenschicht des Endocarps von der Fläche gesehen, *III* Flächenansicht der Fruchtschalenepidermis (Vogl).

---

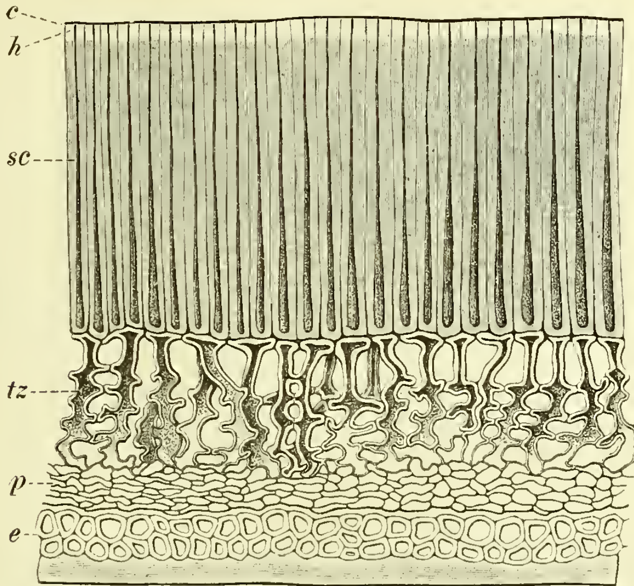
[1]) Hiller, Ueber die Epidermis der Blüthenblätter. Pringsheim's Jahrb. 1884. — Köhne, Die Zellhautfalten in der Epidermis von Blüthenblättern etc. Bericht d. deutschen bot. Ges. 1884, S. 24.

[2]) v. Höhnel, Ueber eigenthüml. Verbind. d. Hypoderm. mit d. Epidermis. Wissensch. prakt. Unters. auf d. Gebiete d. Pflanzenb. von F. Haberlandt. 1875, S. 149.

[3]) de Bary, Anatomie, Fig. 11.

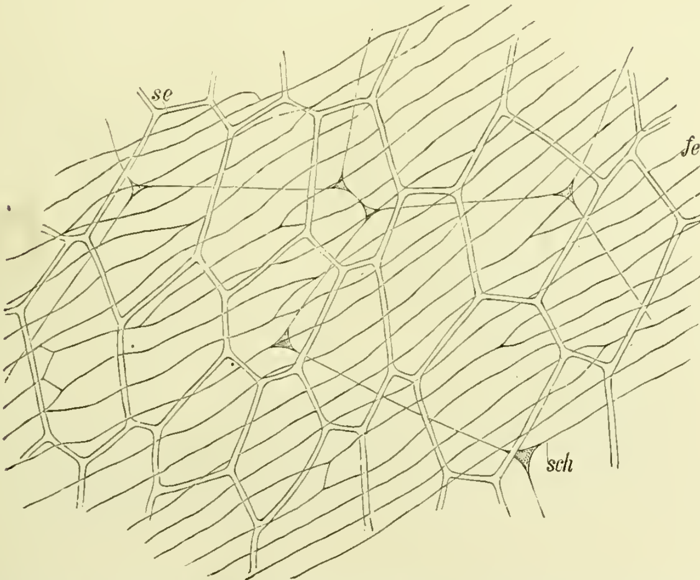
Selten ist auch ringsum fast gleichmässige Verdickung wie bei den Blättern von *Pinus Laricio* und Verwandten, wo sie bis fast zum

Fig. 263.



Querschnitt durch die Samenschale des *Jequirity*-Samens (*Abrus precatorius*). *sc* Epidermis aus Palissadensclerenchym (Macrosclereïden) gebildet, *c* Cuticula, *tz* Trägerzeilen (Osteosclereïden), *p* Parenchym (Tschirch).

Fig. 264.



Die Epidermis der Samenschale und des Fruchtmusses von *Theobroma Cacao* von der Fläche (von aussen) gesehen. Vergr. 200. *fe* die oben aufliegende Fruchtmussepidermis, *se* die Epidermis der Samenschale, *sch* die darunter liegenden Schleimzellen (Tschirch).

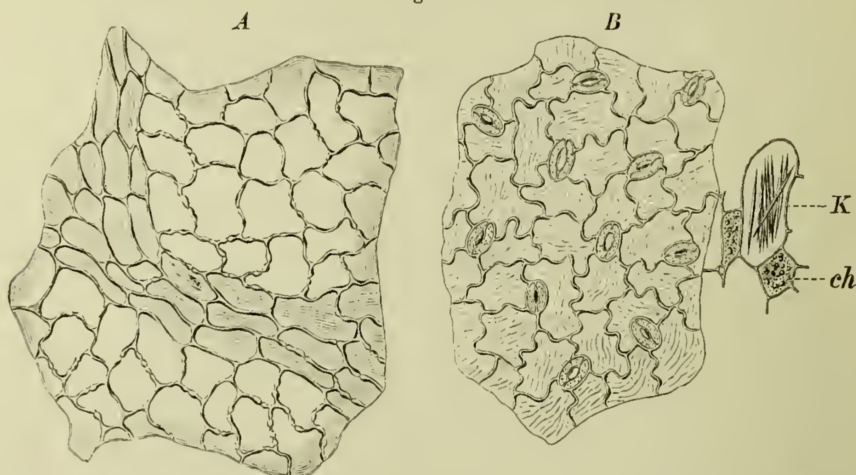
Verschwinden des Lumens vorschreitet.[1] Diese „Sclerose der Epidermis" ist sonst selten. Eine partielle Sclerose der Epidermis findet sich bei den *Fol. uvae ursi.*

---

[1] Haberlandt, Anatomie Fig. 63 A.

Wenn die Wände der Epidermiszellen dick sind, so lassen sie wie andere Membranen (S. 166) im Querschnitt deutliche Schichtung erkennen. Eine Schichtung der Celluloseaussenwand zeigen *Macis, Hyacynthus* (Blatt), eine solche der Cuticularschichten das Blatt von *Pinus pinaster*, *Aloë verrucosa*

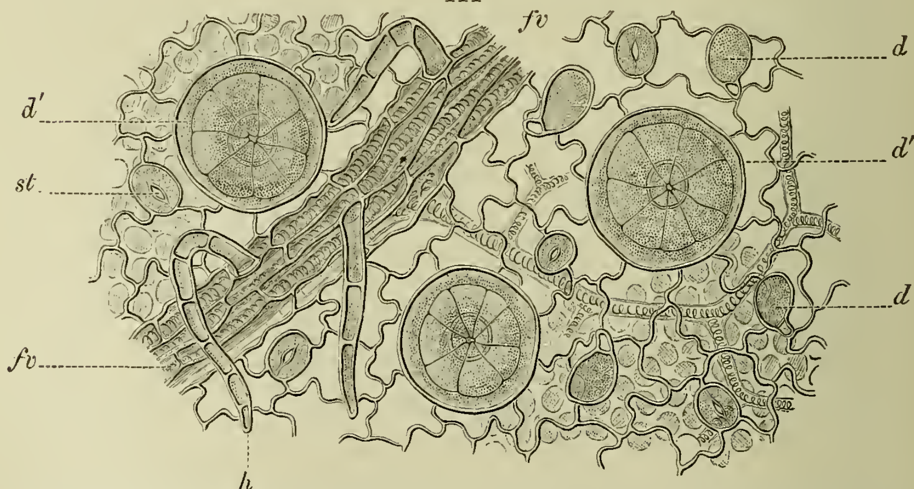
Fig. 265.



Oberhaut des *Epilobium*-Blattes. *A* Oberseite. *B* Unterseite, mit einigen Zellen des Mesophylls, welche theils Chlorophyll (*ch*), theils Raphiden (*K*) enthalten. Ueber den Nerven sind die Epidermiszellen gestreckt. Vergr. 160 (J. Möller).

u. and. eine solche der Cuticula die Blätter von *Ilex aquifolium*, eine Schichtung der Seiten- und Innenwand die Epidermis der Samenschale von *Hyoscyamus niger* (Fig. 260) u. and. *Solanaceen*.

Fig. 266.



Fol. menthae piperatae. Flächenschnitt durch die Blattoberseite. *fv* Nerv, *d* Köpfchenhaare, *h* Fadenhaare an den Nerven, *d'* Oeldrüsen, die Epidermiszellen über den Nerven gestreckt (Vogl).

Aus den oben (S. 226) angegebenen Gründen ist die Aussenwand meist etwas nach Aussen papillös vorgewölbt, bisweilen sogar ziemlich stark (*Fol. Coca* (Fig. 372), *Conii, Lauri* [Unterseite]. Kelch von *Sambucus,* Corolle von *Matricaria* und *Lavandula* [Oberseite]).

Diese Vorwölbungen können zu förmlichen Ausstülpungen werden, wodurch alsdann die Oberfläche rauh und matt erscheint (viele Blüthenblätter). Sind die Epidermiszellen gross, so erhält die Organsoberfläche sogar ein (mit der Lupe sichtbares) fein punktirtes, grubiges Ansehen. Das gleiche Bild wird aber auch erzeugt, wenn die Seitenwände dick, die dünne Aussenwand eingestülpt ist. So wird z. B. die feingrubige Zeichnung des *Bilsenkrautsamens* hierdurch hervorgerufen. Bisweilen wird diese Oberflächenzeichnung aber auch durch das Hervortreten scharf umgrenzter Gruppen von Epidermiszellen bedingt.

Sind die Ausstülpungen gross und liegen dieselben dicht bei einander, ist z. B. jede Epidermiszelle papillös vorgewölbt, (Narben und Blumenblätter zahlreicher Pflanzen [Fig. 261]), so nimmt das Organ Sammetglanz an (*Viola*blüthe). Dies ist schon als beginnende Haarbildung zu betrachten.

Eine sehr eigenartige, von den bisher besprochenen Fällen typisch abweichende Epidermisbildung ist die der sogenannten Schleimepidermis (siehe oben S 196). Sie gehört ihres abweichenden Baues und der ganz anderen Function wegen streng genommen gar nicht hierher, doch soll ihrer auch an dieser Stelle gedachtwerden. Eine Anzahl von Samen bildet nämlich Epidermiszellen aus, die zwar ebenfalls von einer Cuticula bedeckt sind, deren Wandung aber entweder allseitig oder nur aussen verschleimt (*Cydonia, Linum, Plantago Psyllium, Sinapis*), die also durchaus nicht zum Schutze des — übrigens durch verdickte subepidermale Schichten genügend geschützten — Samens, sondern entweder zum Befestigen der Samen im Boden oder als Wasserreservoir dienen, in Bau und Function also gänzlich von den typischen Epidermiszellen abweichen (vergl. auch S. 206).

Auch sonst zeigen die Samen die grösste Mannigfaltigkeit im Bau ihrer Epidermis. Die Variabilität geht hier fast in's Unendliche. Palissadenförmige Epidermiszellen finden sich besonders bei den Samenschalen der *Leguminosen*, ferner bei den Samen von *Ricinus, Croton, Myristica, Illicium.*

Der Inhalt der Epidermiszellen besteht vorwiegend aus Wasser. Der Plasmaschlauch ist auf ein zartes Häutchen reducirt, doch ist der Zellkern wohl ausnahmslos deutlich erhalten und z. B. bei den Epidermiszellen der Blüthenblätter stets sehr schön wahrzunehmen (*Flor. chamomillae, Flor. rhoeados*, Fig. 258). Chlorophyllkörner fehlen für gewöhnlich, finden sich aber bei einigen dicotylen Landpflanzen in den Epidermiszellen der Blattunterseite und bei den submersen Wasserpflanzen fast ausnahmslos beiderseits (*Elodea canadensis*), der Blattoberseite pflegen sie aber stets zu fehlen. Rothe und blaue Farbstoffe (Anthocyan) sind gleichfalls in den Epidermiszellen, besonders der lichtempfindlicheren Blattunterseite häufig, fehlen aber auch der Blattoberseite nicht (Fig. 43). Sie sind stets in dem Zellsafte gelöst. Bei den Blüthenblättern treten aber auch andere Farbstoffe (z. B. gelbe), sowohl in Lösung, wie an Chromatophoren gebunden, in der Epidermis auf. Andere Inhaltsbestandtheile sind selten. Bei starker Stärkeanhäufung wird bisweilen auch die Epidermis damit vollgepfropft (*Fol. Lauri,* Samenschale von *Myristica fragrans*), functionirt also wie ein Reservestoffspeicher.

Von anorganischen Stoffen sind der Membran der Epidermiszellen besonders Silicium, Calkoxalat und Carbonat eingelagert.

Verkieselung (s. oben S. 191) findet sich besonders bei rauhen Blättern und Stengeln häufig[1]), so bei vielen Gräsern (z. B. dem Schilf), bei *Deutzia scabra* und den *Equiseten*, die ihrem Kieselgehalt die Verwendung zum Scheuern verdanken. Bisweilen sind nur einzelne Zellen stark verkieselt (Kurzzellen der *Gramineenepidermis*: Kieselzellen (Fig. 253) oder die Haare, entweder allein oder doch, nebst ihrer Umgebung, vor-

---

[1]) Mohl, Bot. Zeit. 1861 (dort die Literatur) und Hofmeister, Pflanzenzelle. S. 242.

wiegend, so dass sie Verkieselungscentren darstellen *(Humulus Lupulus, Ulmus campestris)*.

Oxalsaurer Calk ist in Form von Körnchen oder Kristallen besonders in den Cuticularschichten der Aussenwand abgelagert (s. oben S. 245), bei den Blättern vieler *Cupressineen* und *Taxineen, Dracaena Draco* u. and. Bei *Sempervivum-* und *Mesembryanthemum-*Arten erscheint durch diese Einlagerungen die ganze Oberfläche der Organe matt grauweiss gefärbt. Der eigenthümlichen, in ihrer Function noch nicht erkannten Cystolithen, die ebenfalls vornehmlich in der Epidermis vorkommen, ist schon oben (S. 112) gedacht worden.

Der wichtigste Inhaltsbestandtheil der Epidermiszellen ist aber das Wasser, und in der That kann, wie WESTERMAIER gezeigt hat[1], die Epidermis als das wichtigste Wasserversorgungssystem und Wasserreservoir der Pflanze betrachtet werden.

Dort, wo das Klima oder sonstige Verhältnisse es vortheilhaft erscheinen lassen, dass der Pflanze Wasser in besonders reichlicher Menge dauernd zu Gebote steht, findet man oftmals eine wassererfüllte, mehrschichtige Epidermis, ein sogenanntes Hypoderm.[2]

Dies Hypoderm geht bei den Blättern der *Piperaceen*, *Begoniaceen*, vielen *Ficus*arten aus dem Protoderm (Dermatogen s. oben S. 236) hervor, bei den *Scitamineen*, *Palmen*, *Gräsern*, *Bromeliaceen*, *Orchideen* betheiligt sich an seiner Bildung auch das Grundmeristem. In seiner einfachsten Form erscheint es in Gestalt mehrfach tangential getheilter Epidermiszellen *(Artanthe*, *Chavica*, — *Fol. Sennae*, *Macis*, *Fol. Buccu*, *Fol. Matico*, Stengel von *Conium maculatum)*, ist es dagegen mächtig ausgebildet, so erscheint es vielschichtig, dringt tief in das Gewebe ein *(Ficus elastica)*, ja kann mehr als die Hälfte des Blattquerschnittes betragen. In seiner Lage bevorzugt das Hypoderm die Blattoberseite *(Fol. Matico*, *Fol. Buccu)*, die Unterseite ist bei Blättern mit Hypoderm oft einschichtig *(Peperomia)*.

Bei der *Fol. Buccu*[3] liegt unter der einschichtigen Epidermis ein einreihiges Schleimhypoderm (S. 195 und 204). Im trockenen oder in Alkohol liegenden Blatte sind hier die Schleimzellen kappenförmig in die Epidermiszellen vorgewölbt. Ihre sehr zarten primären Seitenmembranen erscheinen, da die Zellen verkürzt sind, wellig verbogen. Lässt man nun Wasser zutreten, so quellen die Schleimmembranen stark auf, die Zellen strecken sich in radialer Richtung auf das Doppelte und mehr, die anfangs welligen, primären Seitenmembranen, werden gerade, die Schichten erscheinen zuerst sehr deutlich, um endlich ganz zu schwinden. Jetzt erscheint die ganze Zelle von einem hellen Schleim erfüllt, ein Lumen ist nicht mehr zu sehen. Dort, wo es vorher sichtbar war, ist es verquollen. Setzt man nun wieder Alkohol hinzu oder lässt eintrocknen, so contrahiren sich die Schleimzellen wieder unter welliger Verbiegung ihrer Membran. Diesen Mechanismus kann man, selbst an den trockenen Blättern der Droge, beliebig oft wiederholen. Seine Bedeutung für die Pflanze liegt in der Ermöglichung einer starken Wasserspeicherung bei Wasserzufuhr, welches Wasser dann der Pflanze in der trockenen Zeit wieder zu Gute kommt und, da der Schleim nur langsam Wasser abgibt, lange zurückgehalten wird.

Eine eigenartige Veränderung erfährt die Epidermis oder die subepidermale Zellschicht oder beide (*Arnica*) bei zahlreichen Wurzeln. Hier verkorkt nämlich die Wandung einer oder mehrerer Zellreihen entweder

---

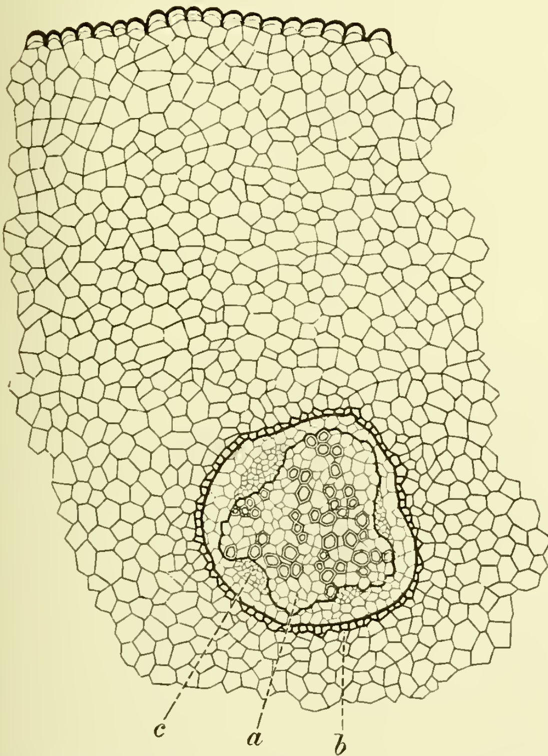
[1] Ueber Bau und Function des pflanzl. Hautgewebesystems. PRINGSHEIM's Jahrb. XIV, 1883.

[2] ὑπό unter; δέρμα Haut. PFITZER, Ueber die mehrfache Epidermis etc. Bot Zeit. 1869, S. 526.

[3] FLÜCKIGER, Schweiz. Wochenschr. f. Pharm. 1873, 435; Pharmacographia. 1879, S. 109. — RADLKOFER, Sapindaceengattung Serjania. München. 1875. S. 100.

ringsum oder nur aussen, die Aussenwand stülpt sich etwas vor, und es entsteht so ein sehr charakteristisches, vom Kork durchaus abweichendes Querschnittsbild. Man hat diese Korkepidermis mit dem Namen Epiblema belegt (Fig. 267).

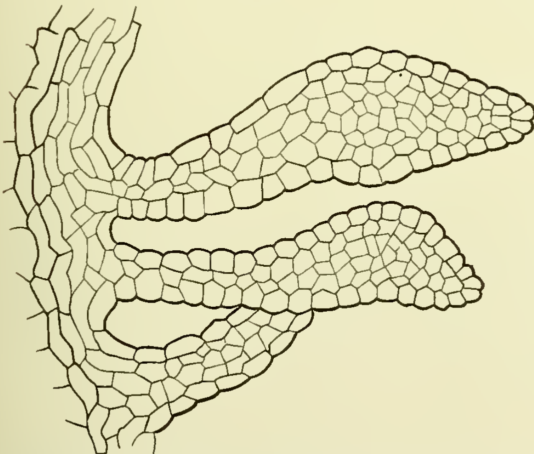
Fig. 267.



Querschnitt durch die Wurzel von *Helleborus viridis* mit Epiblema bedeckt. *a* Holzbündel, *b* Kernscheide, *c* Siebbündel. Das centrale Bündel nicht ganz richtig (Hartwich).

Für die Zwecke der angewandten Pflanzenanatomie ist die Form der Epidermiszellen von eminenter diagnostischer Bedeutung, da man dieselbe noch an den Partikeln der feinsten Pulver deutlich erkennen kann — wie viel mehr also bei intacten Objecten, bei denen sich Flächenschnitte herstellen lassen. Besonders dort, wo die Form der Epidermiszellen eine grosse Mannigfaltigkeit besitzt, wie bei den Samenschalen, lassen sich dieselben vortrefflich zur Diagnose herbeiziehen. So bei Untersuchungen des *Cacao-*, des *Faenum graecum-*, *Senf-*Samen. Aber auch bei Untersuchung von Blättern dienen sie oft als „Leiter". So z. B. lassen sich die verschiedenen Theefälschungen (die Blätter von *Lithospermum officinale, Salix, Epilobium angustifol., Fraxinus, Prunus spinosa* und *cerasus, Rosa, Coffea)* schon an der Form der Epidermiszellen vom echten Thee unterscheiden u. a. m.

Fig. 268.



Keulenhaare der inneren Fruchtwand von *Citrus vulgaris Risso*, aus denen später das Fruchtmuss entsteht (Tschirch).

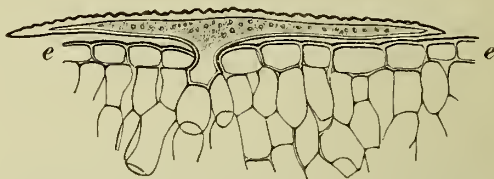
Die Haare.

Die Epidermis ist in hervorragendem Masse befähigt, durch Auswachsen ihrer Zellen Anhangsgebilde zu erzeugen. Dieselben tragen den Namen Trichome[1]) oder Haare. Unter der Bezeichnung Trichom fassen wir also alle die Gebilde zusammen, die aus einer Epidermiszelle durch papillöse Ausstülpung derselben hervorgegangen sind, und an deren Erzeugung sich andere, subepidermale Gewebe nicht mit betheiligt haben, gleich-

[1]) τρίχωμα Behaarung, Haarwuchs; θρίξ Haar.

viel ob das fertige Gebilde einzellig oder (durch nachträgliche Theilung) mehrzellig geworden ist. Alle Haare sind demgemäss als Epidermalgebilde von der Cuticula überzogen. Betheiligen sich andere subepidermale Gewebe an der Bildung eines haarartigen Organs, so spricht man nicht mehr von einem Trichom, sondern nennt die Bildung nach SACHS' Vorschlag Emergenz (Stacheln der Rosen, der *Smilax*- und *Solanum*-Arten, *Dipsacus, Ribes, Cactus*, der Stechapfelfrucht, u. a.).

Fig. 269.



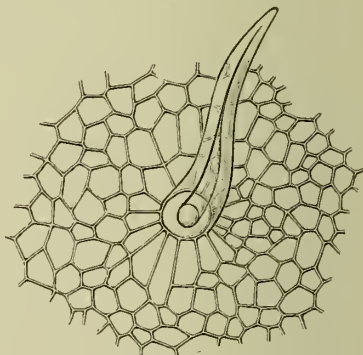
Schuppenhaar von *Cheiranthus Cheiri*; *e* die Oberhaut (de Bary)

Ihrem Inhalte, wie ihrer physiologischen Function nach können wir zwei grosse Gruppen von Haargebilden unterscheiden: die Haare im engeren Sinne und die Drüsen. Die echten Haargebilde enthalten Luft oder Plasma, niemals Secrete, die Drüsen sind dagegen Secretionsorgane. Nur die ersteren gehören daher hierher, da sie das Hautgewebe in seiner Function unterstützen, die Drüsen dagegen werden bei dem System der Excretbehälter abgehandelt werden.

Aber auch von den echten Haaren sollen die Wurzelhaare an dieser Stelle ausgeschlossen werden, da sie als Aufnahmsorgane fungiren, also bei dem Absorptionssystem Besprechung finden.

Bei den Haarbildungen im engeren Sinne kann man unterscheiden: kurze, einzellige, zarte Papillen; schlauch- oder fadenförmige, einzellige oder mehrzellige, verästelte oder unverästelte Haare *(pili* oder *setae)*; flache häutige, vielzellige, ein- oder mehrschichtige Schuppen *(squamae, lepides, paleae)*; isodiametrische, meist einzellige Blasen *(papulae)*: fadenförmige, aus zwei bis vielen Schichten oder Reihen von Zellen bestehende Zotten *(villi)*; derbe, massige, mehrzellige Hautwarzen und derbe, spitze Hautstacheln. Zwischen diesen Typen gibt es natürlich auch Uebergänge. Der Formenreichthum geht bis in's Unendliche.[1])

Fig. 270.



Epidermis und Haar der Aussenwand des Hypanthodiums von *Ficus Carica* (Tschirch).

Man unterscheidet am Haar den Haarkörper und den Fuss. Ersterer bildet das eigentliche Haar, letzterer ist der in der Epidermis gelegene Theil. Der Fuss besitzt selten die Form der benachbarten Epidermiszellen; denn da die Haare schon sehr frühzeitig angelegt werden, noch ehe die Epidermis ihre definitive Ausbildung erlangt hat, so wachsen die Epidermiszellen oftmals noch weiter, während die Fusszelle des Haares ihre Anfangsgestalt beibehält. Daher ist der Fuss der Haare meist schmäler als die übrigen Epidermiszellen (*Fol. sennae*, Fig. 184).

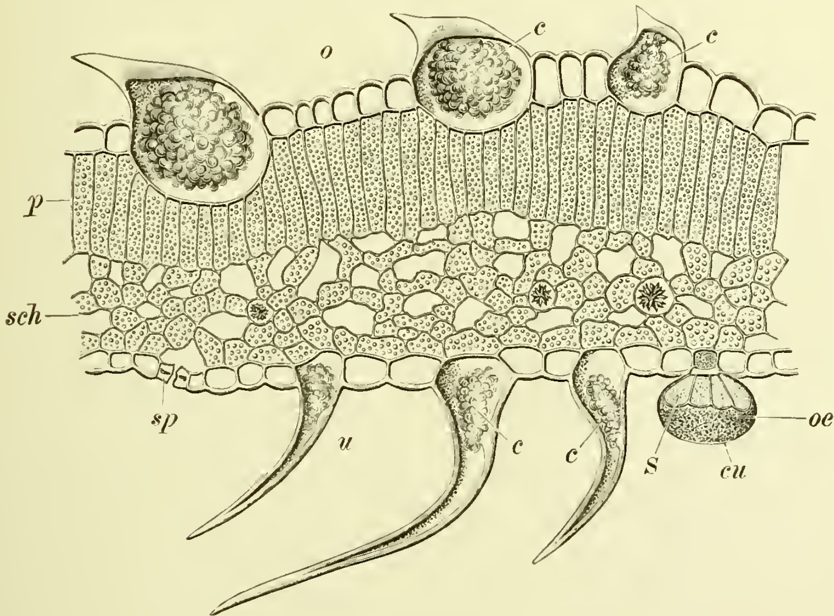
---

[1]) Einzelheiten in den bei DE BARY (Anatomie, S. 61) angegebenen zahlreichen Arbeiten. Wichtigere neuere sind: WEISS, Die Pflanzenhaare (KARSTEN's bot. Unters. I, mit 13 Taf.). — RAUTER, Entwicklungsgesch. einiger Trichomgebilde (Wiener akad. Denkschr. 1871, mit 9 Taf.). — MARTINET, Organes de sécrétion des végétaux (Ann. sc. nat. 5. ser., T. 14, 1872). — UHLWORM (Bot. Zeit. 1873). Zahlreiche Formen wurden bereits von GUETTARD (1745—1759) und SCHRANK (1794) beschrieben.

Nicht selten jedoch findet auch das Umgekehrte statt, der Fuss vergrössert sich blasig oder dringt, sich nach Innen etwas verbreiternd, über die Innenlinie der Epidermis hinaus (Blatt von *Cheiranthus Cheiri*, Fig. 269, *Cannabis sativa* Fig. 271). In diesem Falle ist der Fuss alsdann grösser wie die Nachbarzellen der Epidermis (bei *Cannabis* schon im Querschnitt deutlich, Fig. 271).

Die Epidermiszellen, welche den Fuss umgeben, können den übrigen gleich gebildet sein, oftmals jedoch sind sie von diesen verschieden, laufen strahlenförmig gegen das Haar hin (*Caricae* (Fig. 270), *Fol. sennae*) oder umgeben — als sogenannte Nebenzellen — den Fuss. Bisweilen kommt es auch vor, dass sich das den Fuss umgebende Gewebe der Epidermis, meist sogar unter Betheiligung des subepidermalen Gewebes um den Fuss herum, zu einem Polster erhebt, in welche Emergenz oder Zotte das Haar

Fig. 271.



Querschnitt durch ein Laubblatt des Hanfes (*Cannabis sativa*).
o Oberseite mit langen Haaren, *u* Unterseite mit kurzen Haaren, *p* Palissadengewebe, *sch* Schwammparenchym, *c* Cystolithen, *sp* Spaltöffnung, *oe* Oeldrüse, *S* Secernirungszellen, *cu* Cuticula (Tschirch).

alsdann eingesenkt erscheint (Brennhaare von *Urtica* (Fig. 277), Klimmhaare des *Hopfens*, Stengelhaare von *Borago*.[1]) Diese Polster können unter Umständen ziemlich erhebliche Dimensionen annehmen. Andererseits kommt es aber auch vor, dass das Haar unter die Oberfläche eingesenkt ist.

Die Richtung der Haare zur tragenden Epidermisfläche ist eine sehr mannigfaltige, die kürzeren und derben stehen meist rechtwinklig ab (*Fol. sennae*, Fig. 184, *Gallae sinens.* Fig. 283). Bei gestreckten Organen sind sie oft schräg nach oben gerichtet, bilden also mit der tragenden Fläche einen spitzen Winkel (*Cannabis* Fig. 271). Bei dem Blatte von *Cannabis* steht die Richtung der Haare in Beziehung zur Organsaxe.

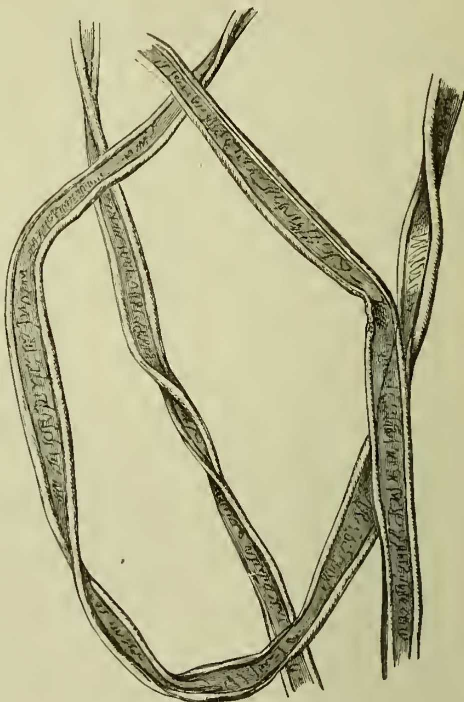
---

[1]) Vergl. auch die Hanfdrüsen (System der Excretbehälter).

Bisweilen kommen die Haare sogar, indem sich der Haarkörper unmittelbar über dem Fuss rechtswinklig umbiegt, parallel auf der tragenden Fläche zu liegen *(Sem. strychni)*.[1])

Selten sind sämmtliche Haare einer und derselben Fläche alle gleich gestaltet *(Elaeagnus*-Blätter), meist differiren sie mehr oder weniger erheblich, ja es kann vorkommen, dass unmittelbar neben einander die verschiedensten Formen liegen, bei *Cannabis* z. B. drei, bei anderen bis fünf (de Bary) (vergl. auch Fig. 285, 292). Auch echte Haare und Drüsenhaare findet man oft untermischt *(Fol. absinth., Fol. menthae, Fol. cannabis, Fol. menthae, Flor. Kusso)*.

Fig. 272.



Baumwollfaser in Wasser gesehen.

Nur wenigen Familien fehlen Haare ganz *(Coniferen, Equiseten)*. In der Vertheilung der Haarformen auf Familien, Gattungen und Arten herrscht einerseits Uebereinstimmung grosser Gruppen, andererseits finden sich Differenzen selbst zwischen nahen Verwandten. So besitzen die *Borragineen* Borstenhaare, die *Cruciferen* Sternhaare, die *Malvaceen* Büschelhaare charakteristischer Gestalt[2]), die *Hieracien* (Fig. 292) sind durch drei Formtypen[3]), *Lavandula* (Fig. 289) durch baumartig verzweigte, *Artemisia Absinthium* (Fig. 286) durch T-förmige Haare ausgezeichnet. Andererseits treten selbst in natürlichen Familien (z. B. den *Compositen*) und Gattungen *(Solanum)* die verschiedensten Haarformen auf, oder charakteristische Formen kehren auf den entsprechenden Theilen von Pflanzen, die im System weit von einander entfernt stehen, wieder (Brennhaare der *Urticaceen* und *Loasaceen*, Sternhaare von *Olea, Elaeagnus, Croton)*.

Fig. 273.



Querschnitte von Baumwollfasern.
a in Wasser, *b* nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. Vergr. 400. — *l* Lumen; die Doppelcontur bei *b* deutet den dunkelblauen Aussenrand, die starke Conturlinie bei * die gelbgefärbte Cuticula an (Hanausek).

Alle Trichome, auch die vielzelligen, entstehen dadurch, dass sich eine Epidermiszelle — die Haarinitialzelle — über die Aussenfläche vorwölbt. Auf diesem Punkte bleiben jedoch nur

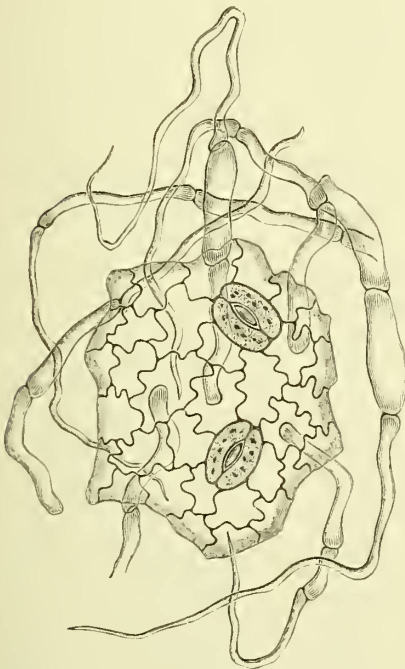
[1]) Berg, Atlas, Taf. 47, Fig. 129.

[2]) Vergl. auch die Charaktertypen der Drüsen bei *Compositen* und *Labiaten*, weiter hinten (Excretbehälter).

[3]) de Bary, Anatomie, Fig. 21.

die Papillen (z. B. der Blumenblätter, Narben) stehen. Meist vergrössert sich der die Epidermis überragende Theil — der Haarkörper —, gliedert sich von dem Fusse durch eine Wand ab und geht durch wiederholte Theilungen in die so formenreichen Gebilde, die wir bei den Haaren beobachten, über. Finden jedoch keinerlei Theilungen, auch nicht am Fusse statt, ein Fall, der selbst bei sehr langen Haaren (Baumwolle, *Althaea*-Kelch [Fig. 284], Samenschopf von *Strophantus*, Haferspelzen) vorkommt, so bleibt das Haar dauernd einzellig *(Fol. sennae,* Hypanthium von *Kusso* und *Cina,* Blüthenblätter von *Aconitum Napellus)* — der Fuss braucht sich also nicht durch eine Wand abzugliedern —, sind die Theilungen dagegen zahlreich, so können lange Zellreihen [Nerven der *Fol. menthae, Fol. farfarae* (Fig. 274), *Fol. hyoscyami* (Fig. 275)], Zellflächen (Spreuschuppen der Farne), ja Zellkörper entstehen. Besonders der Haarkopf neigt zu vielzelliger, körperlicher Ausbildung (mehrzellige Köpfchenhaare) und die Endzelle köpfchenfreier Haare ist oftmals anders gestaltet als die anderen Zellen des Haares, meist länger als diese. *(Fol. farfarae,* (Fig. 274), Paleae der *Flor. chamomillae romanae).* Bisweilen *(Fol. farfarae)* sind die Querwände dicker als die übrige Wand. Wenn alsdann die Aussenwand in Folge Eintrocknens sich einstülpt, so nehmen die einzelnen Zellen Sanduhrform an *(Fol. digitalis* [Fig. 373], *Fol. farfarae).*

Fig. 274.



Epidermisstock eines Huflattichblattes *(Tussilago farfara)* mit ansitzenden Haaren (Möller).

Bisweilen — besonders bei vielzelligen Haaren — theilt sich auch die Fusszelle rechtwinklig zur Organsoberfläche, das Haar ruht alsdann auf einem mehrzelligen Fusse *(Fol. Jurubebae, Fol. althaeae* Fig. 284*a*).

Die polsterartigen Emergenzen (s. oben S. 254) entstehen erst nach Anlage des Haares. Die Haare selbst werden sehr frühzeitig angelegt, meist früher sogar als die Spaltöffnungen. Besonders die Blatt- und Blüthenknospen sind dicht mit Haaren bedeckt. Dieselben bleiben entweder erhalten (persistente Haare) und bilden alsdann den Haarüberzug der Pflanze oder gehen ganz oder theilweise zu Grunde (vergängliche, transitorische, knospeneigene Haare). Letzteren Vorgang nennt man das „Ausfallen der Haare" (vergl. auch Fig. 296). Eine der beiden Kurzzellen der Epidermis der *Gramineen* (Fig. 248) neigt zur Haarbildung und die Haare zum Ausfallen. Die persistirenden Haare bleiben entweder lebend erhalten — mit Plasma und Zellkern [1]) (Haare der Blüthendeckblätter von *Cannabis*, einige Wurzelhaare, Brennhaare), ja sogar mit Chlorophyllkörnern etc. — oder sterben ab und führen alsdann Luft — der gewöhnliche Fall (Baumwolle (Fig. 272), *Fol. sennae).*

Die Brennhaare der *Urticaceen* und *Loasaceen* (Fig. 277) enthalten, wie HABERLANDT zeigte [2]), in ihrem Inhalte (neben Ameisensäure [3]) ein im Zellsaft

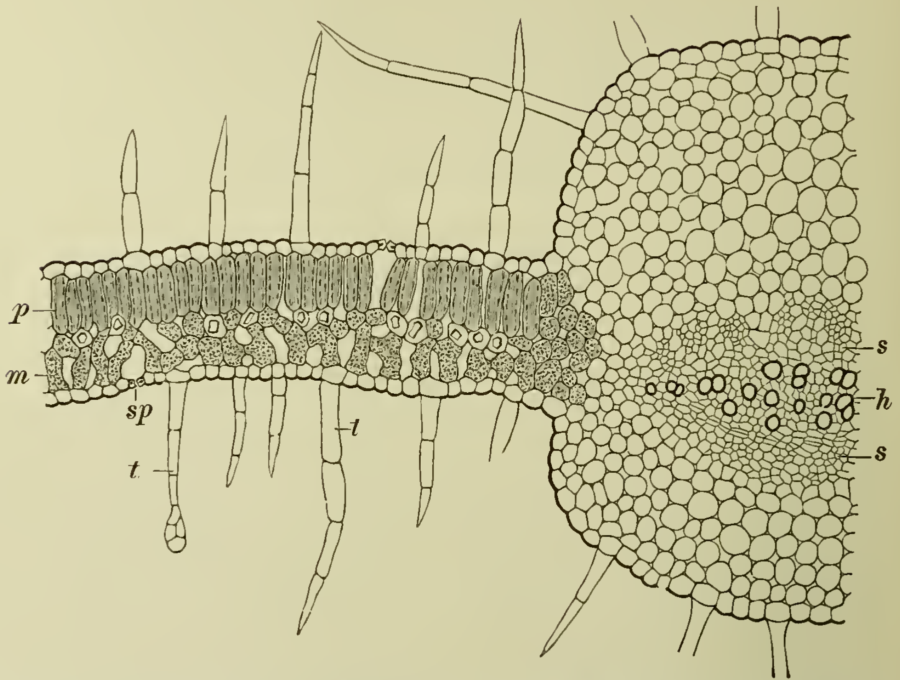
[1]) Diese sind treffliche Objecte für Plasmastudien.

[2]) Zur Anatomie und Physiologie der pflanzlichen Brennhaare. Sitzungsber. d. Wiener Akad. Februar 1886.

[3]) GORUP-BESANEZ hielt diese für das brennenerregende Agens. Er fand sie im Destillate der *Nesseln* in geringer Menge (Journ. f. prakt. Chem. 48, S. 191).

gelöstes ungeformtes Ferment (Enzym), welches die Haut reizt. Das charakteristische Brennen der *Nesseln* wird dadurch erzeugt, dass das Haar

Fig. 275.



Querschnitt durch das Blatt von *Hyoscyamus niger* an der Mittelrippe, *t* Haare, *p* Palissaden, *m* Merenchym, *h* Holztheil des Nervenbündels mit beiderseitig aufgelagertem Siebtheil (Tschirch).

in die Haut eindringt, der Kopf abbricht, und der Inhalt sich in die

Fig. 276.



Typische *Cibotium*-Haar-Formen; *a, d, e* Schuppen; *c, b, f* Haare (Möller).

Wunde ergiesst. Das Abbrechen wird durch eine von starker Verkieselung herrührende ausserordentliche Sprödigkeit der Wand erleichtert.

Lufthaltige Haare bedingen, besonders wenn sie in reichlicher Menge vorkommen, die matte Farbe vieler Organe (Kelche von *Verbascum,* Unterseite der *Fol. farfarae, Fol. althaeae,* Unterseite der *Jurubeba*blätter), die je nach Beschaffenheit der Haarmembranen, der Form und Stellungen der Haarbildungen bald mattgrau-filzig *(Labiaten: Salvia; Compo-*

Fig. 277.



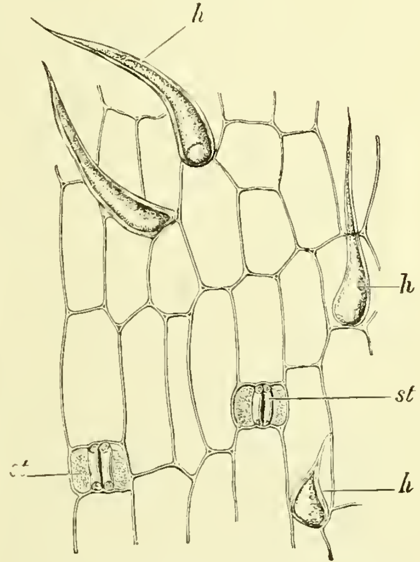
Brennhaar von *Urtica dioica* mit Zellkern. Die Pfeile geben die Richtung der Plasmaströme an.

Fig. 278.



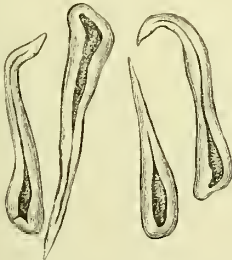
Spitze eines Haares von der Oberfläche der Samen von *Strychnos nux vomica* (Tschirch).

Fig. 280.



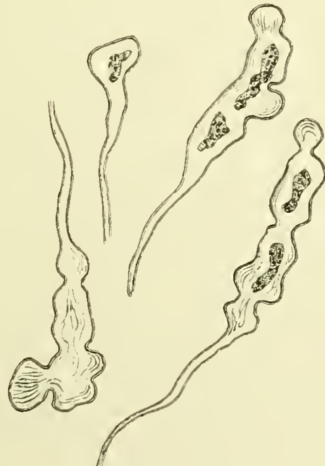
Oberhaut der Gerstenspelze. *h* Haare, *st* Spaltöffnungen (Möller).

Fig. 279.



Esparto-Härchen, sehr stark vergrössert. (Fig. 353 *b*.)

Fig. 281.



Kapernhaare (Möller).

siten: Gnaphalium, Fol. farfarae), bald seidenartig *(Artemisia Absinth.)*, bald silberglänzend *(Elaeagnus, Croton, Olea)*, bald bräunlich (Farne), bald krustigweiss *(Chenopodiaceen: Atriplex)* erscheinen. Bei starker Behaarung führen die Haare fast ausnahmslos Luft.

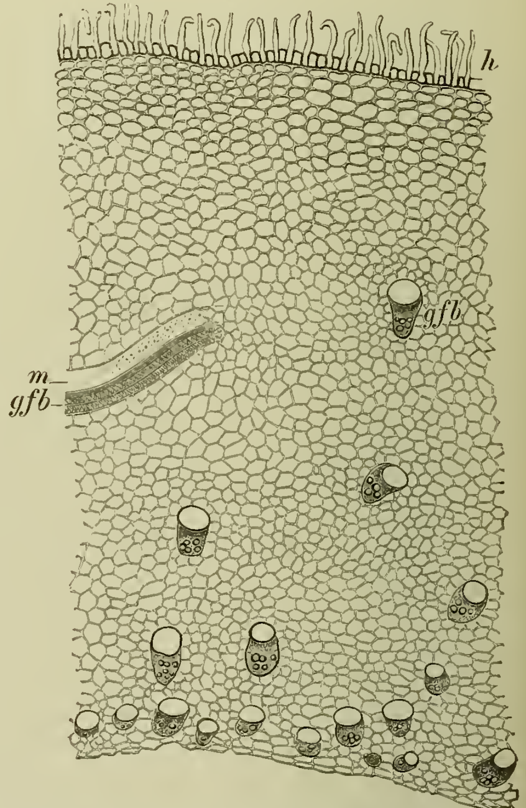
Die Membran der Haare weicht in stofflicher Beziehung wesentlich nicht von der Membran der Epidermiszellen ab. Sie wird von der Cuticula aussen überzogen und ist nur durch eine noch viel häufigere Einlagerung von Calk und Silicium (*Urtica*-Brennhaare) ausgezeichnet, wodurch viele Haare ihre Sprödigkeit erhalten, (vergl. S. 112 und S. 146). Cuticularschichten sind mir bei Haaren nicht begegnet, wohl aber fand ich die Membran oft verholzt (bei den meisten Pflanzendunen und Pflanzenseiden). Bemerkenswerth erscheint die häufige Sculpturirung der Aussenseite, die eine ausserordentlich grosse Mannigfaltigkeit besitzt. Bald sind es wirkliche, buckelige oder zähnige Ausstülpungen (*Arnica*-Pappus), bald

Fig. 282.



Haare der *Anis*-Fruchtschale (Hartwich).

Fig. 283.



Querschnitt durch die Schale der chinesischen Gallen. (*Rhus semialata*) *h* Haare, *gfb* Gefässbündel mit Milchcanal (*m*) (Tschirch).

stachel-, zapfen- oder borstenartige oder körnig-warzige Erhebungen der Wand selbst (*Fol. Sennae*, Blatt von *Cheiranthus Cheiri* und *Cajophora*, *Verbascum*-Staubfadenhaare, Fig. 182). *Anis*-Frucht (Fig. 282). Bisweilen rührt die Streifung der Haaraussenseite auch nur von einer Faltung der Cuticula her. Sehr lange Haare pflegen eine glatte Aussenwand zu besitzen (Baumwolle, Samenschopf von *Strophantus*).

Eigenartige Verdickungsleisten sind selten. Besonders schön zeigen dieselben die Haare von *Nux vomica* (Fig. 278), die fast bis zum Verschwinden des Lumens verdickt sind. Bei den Samenhaaren der *Apocyneen* und *Asclepiadaceen* hat v. Höhnel [1]) eigenthümliche längsverlaufende Verdickungsleisten nachgewiesen. Auch spiralige Verdickungen kommen da und dort vor. [2]) Stark verdickte Haare sind häufig. Man hat sie wohl auch, wenn sie dabei kurz sind als Borsten unterschieden (Schopf der Weizenfrucht). Derbe Borsten stechen.

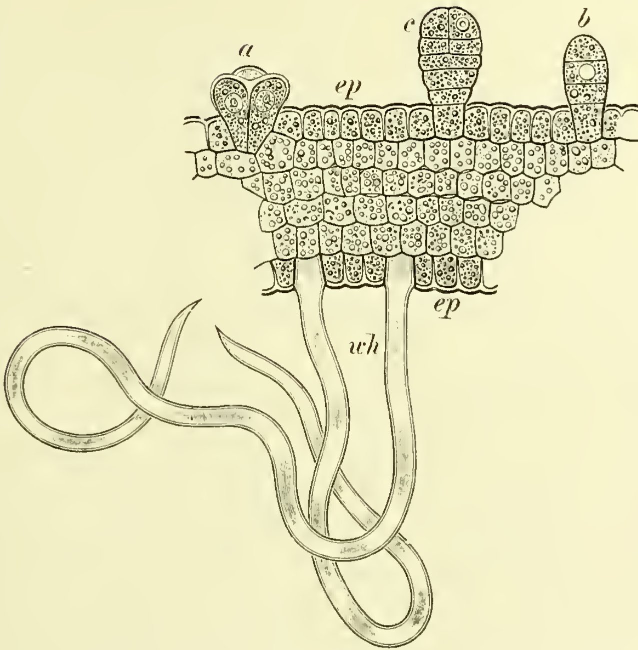
Tüpfel fehlen der Membran der Haare stets, nur an den Stellen, wo das Haar an seiner Basis anderen Zellen aufsitzt, finden sich bisweilen netzförmige Verdickungsleisten mit dazwischen liegenden breiten Tüpfeln (Basis der Samenhaare von *Bombax Ceiba*, *Ochroma Lagopus*).

---

[1]) Mikroskopie der Faserstoffe. 1887, Fig. 5, 6, 7 und Dingler's Polyt. Journ. 1884.
[2]) Kabsch, Ueber die Haare des Samenschopfes der Asclepiadaceen. Bot. Zeit. 1863, S. 33.

Aus der grossen Mannigfaltigkeit der Haarorgane seien einige Typen hervorgehoben:

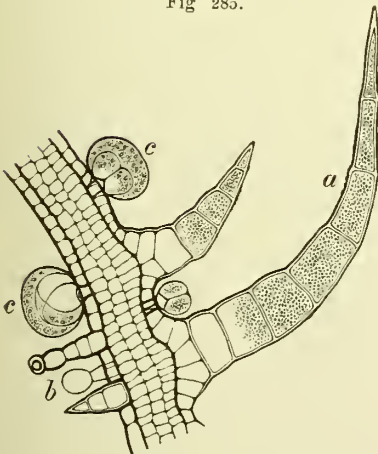
Fig. 284.



Querschnitt durch das Kelchblatt von *Althaea rosea; ep* Oberhaut, *wh* einzellige Wollhaare der Innenseite, *a* erste Anlage eines Sternhaares, *b* und *c* Drüsenhaare in der Entwicklung (Sachs).

1. Papillen finden sich bei zahlreichen sammetartig erscheinenden Blumenblättern *(Viola tricolor*, Fig. 261) und sich sammetweich anfühlenden anderen Organen *(Gallae sinenses*, Fig. 283, *Fruct. anisi* und *adjowan)*, oft führen sie gefärbten Zellsaft. Ferner sind Papillen allgemein an den pollenaufnehmenden Narbenflächen zu finden. Sie sind hier bald kurz und gedrungen *(Sambucus nigra)*, bald lang *(Cannabis, Crocus)*.

Fig 285.



Haarformen von *Plectranthus; a* einfaches Gliederhaar, *b* gestielte Drüsenhaare, *c* sitzende Drüsenhaare (Sachs).

2. Einzellige, fadenförmige, konische Haare, die in eine Spitze auslaufen, oder am Ende doch nicht wesentlich verbreitert sind, und deren Fuss durch eine Querwand nicht abgegliedert ist, sind häufig. Es gehören hierher die Wurzelhaare, die Brennhaare der *Urticaceen* und *Loasaceen*, viele Haare der *Cruciferen (Sinapis), Borragineen,* die Haare der Samenschale der Brechnuss und die Haare des Schopfes von *Weizen, Roggen* und *Gerste* (Fig. 277—283).[1] Der Fuss ist oft blasig angeschwollen, so z. B. bei den Samenhaaren von *Bombax Ceiba*,

[1]) Vergl. auch Möller, Nahrungsmittel.

den Haaren des Schopfes beim Weizen, Roggen und der Gerste, den Brennhaaren der *Urticaceen* und *Loasaceen*, oder zusammengeschnürt (Samenhaare von *Ochroma Lagopus*). Bei den Brennhaaren der *Nesseln* (Fig. 277) läuft die Spitze in ein kleines, seitlich gerichtetes Knöpfchen aus, unterhalb

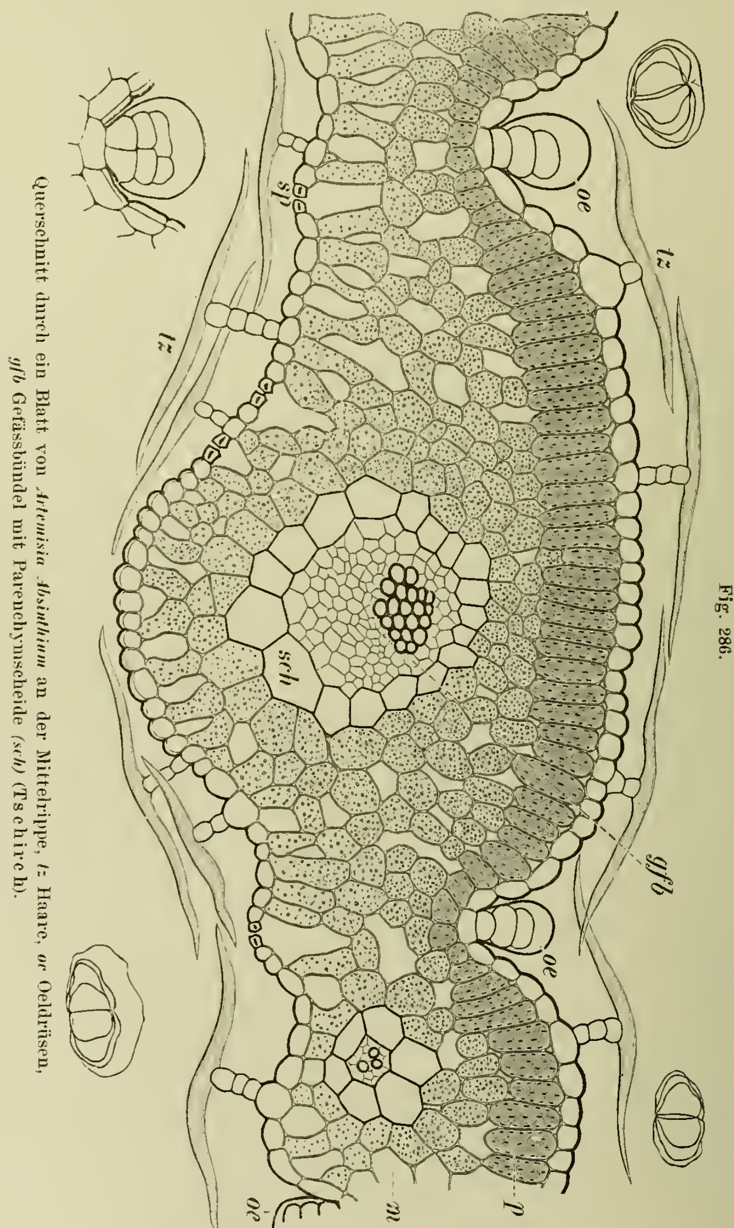


Fig. 286.

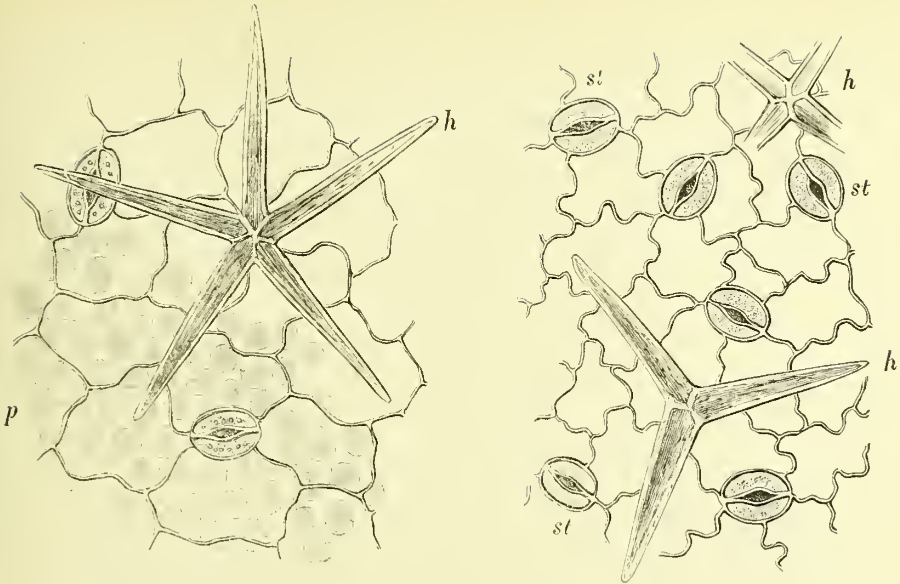
Querschnitt durch ein Blatt von *Artemisia Absinthium* an der Mittelrippe, *tz* Haare, *oe* Oeldrüsen, *gfb* Gefässbündel mit Parenchymscheide (*sch*) (Tschirch).

dessen die Wand verdünnt ist[1]) — so dass es bei der geringsten Berührung abbricht und der Inhalt austritt.

Keulenförmig an der Spitze angeschwollen sind die Staubfadenhaare von *Verbascum* (Fig. 182).

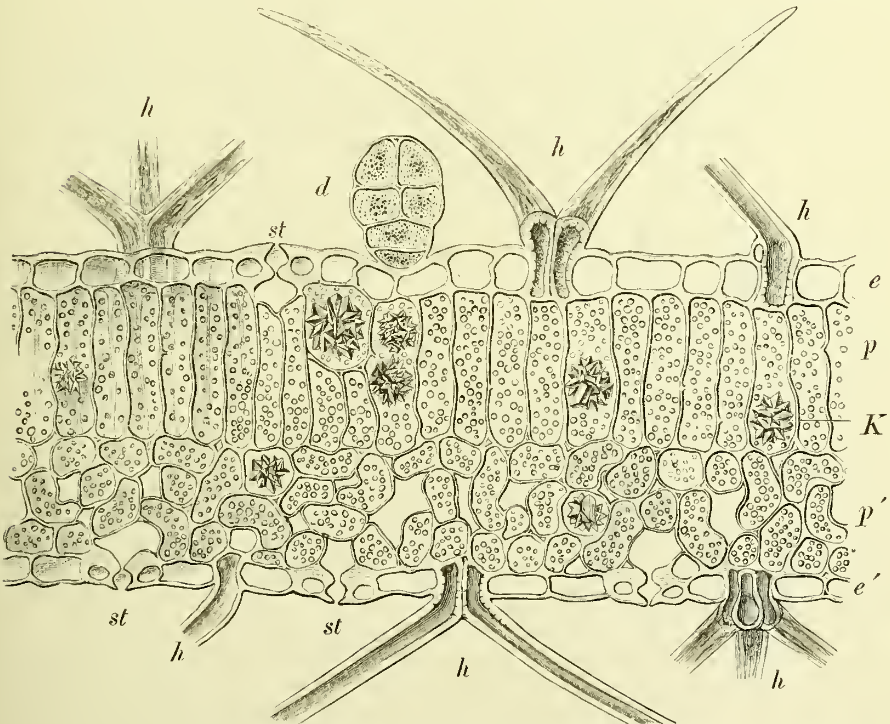
[1]) Haberlandt (s. oben S. 257 Anm.), Abbildungen der Brennhaare hier, und in Haberlandt's Anatomie, S. 80.

Fig. 287.



Fol. althaeae. Flächenschnitt durch die Blattoberseite *(II)* und die Blattunterseite *(III)*, *h* Sternhaare, *p* durchscheinende Palissadenschicht, *st* Spaltöffnung (Vogl).

Fig. 288.



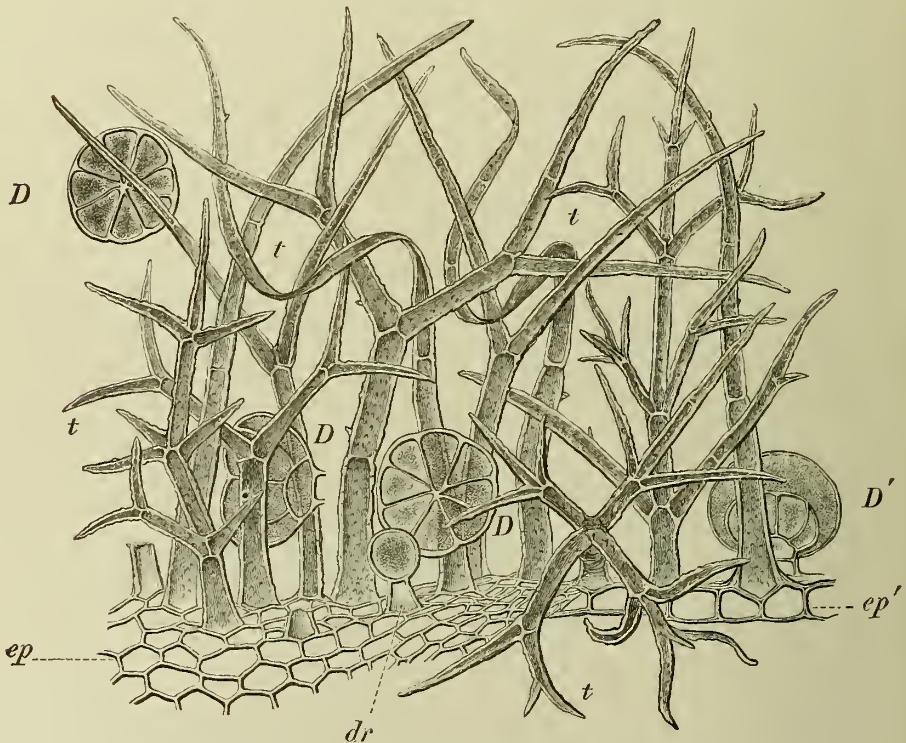
Fol. althaeae. Blattquerschnitt. *e* Epidermis der Blattoberseite, *e′* der Unterseite. *p* Palissaden, *k* Calkoxalatdrusen, *h* Sternhaare, *st* Spaltöffnungen, *d* Köpfchenhaar — sitzt der Epidermis nicht richtig auf! — *p′* Schwammparenchym (Vogl).

Die einzelligen Haare sind bisweilen verzweigt. Die grösste Mannigfaltigkeit derartiger Bildungen zeigen die *Cruciferen*, wo das einzellige Haar oftmals reichverzweigt und vielstrahlig ist. Auch viele der Sternhaare (Fig. 269) gehören hierher *(Deutzia, Cruciferen)*, sowie das Klimmhaar des Hopfens. Bei den beiden letzteren ist der Haarkörper parallel der Blattfläche gerichtet.

3. Die meisten konischen und fadenförmigen Haare sind jedoch mehrzellig und bestehen aus zwei bis vielen Zellen (Gliederhaare).

Sie finden sich bei *Cucurbitaceen*, der *Kartoffel*, den *Labiaten*, *(Salvia, Thymus)*, *Compositen (Helianthus, Cnicus)*, auch das *Penghawar Djambi (Cibotium)* gehört hierher, wie überhaupt diese Form wohl die häufigste

Fig. 289.



Flor. lavandulae (Lavendula vera). Epidermis mit den Haaren von der Aussenseite der Kelchblätter. *D* Oeldrüse von der Fläche, *D′* von der Seite gesehen, *dr* Köpfchenhaar (Vogl).

ist. Auch verästelte Formen finden sich bei dieser Art Haare in zahlreichen und mannigfaltigen Variationen, so die T-förmigen mit mehrzelligem Stiel und einzelligem Balken bei *Anthemideen (Pyrethrum roseum, Artemisia Absynthium* (Fig. 286), die sternförmigen bei *Hieracium*, Fig. 292, *Pilosella*, *Verbascum* (Fig. 290) und zahlreiche gegabelte Formen. Monopodial verzweigte Haare dieser Art finden sich bei Blättern von *Rosmarinus officinalis*, *Lavandula vera* (Kelch, Blätter, Blüthe, Griffel, Fig. 289), *Verbascum* (Aussenseite von Kelch und Corolle Fig. 290).

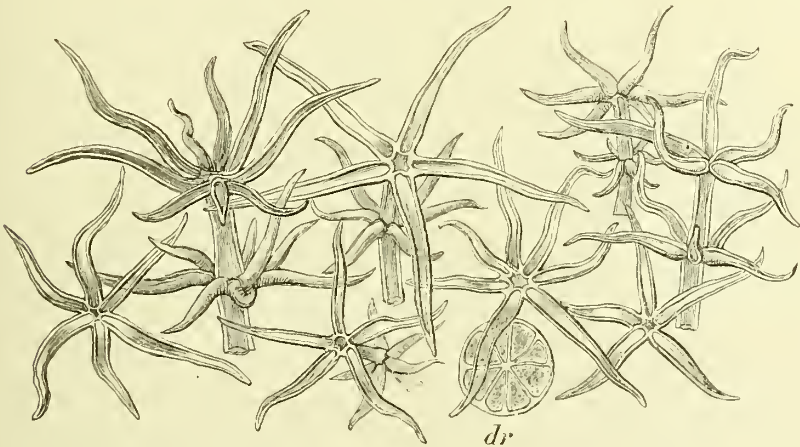
Eine ebenfalls hierhergehörige Form hat man unter dem Namen Büschelhaare unterschieden. Dieselben entstehen in der Weise, dass sich die Initialzelle durch, zur Organoberfläche senkrechte Wände theilt, und jede der so gebildeten secundären Initialzellen gesondert zu einem Haar auswächst. Solche Haare finden sich bei *Malvaceen* häufig *(Fol. althaeae* Fig. 287, 288 und 300).

Bei *Solanum paniculatum* (Fig. 291) sind sie auf einer stielartigen Zotte, bei dem Aussenkelche (Hochblattinvolucrum) von *Malva Alcea* auf einer kegelartigen Emergenz emporgehoben. Die Einzelstrahlen pflegen einzellig zu sein.

Wie die Entwicklungsgeschichte der einer Stielzelle aufsitzenden Sternhaare auf dem Kelche von *Tilia* und den Früchten von *Mallotus philippinensis (Kamala* Fig. 297) verläuft, bleibt zu untersuchen. Die (bei der *Kamala* 2—11, bei *Tilia* 2—5) Strahlen sind ungleich lang und an der Spitze hakig, sonst oft bizarr gekrümmt. Hakig gekrümmte einreihige Haare finden sich auch bei *Phaseolus multiflorus* und den *Gallae sinens.* (Fig. 283).

Kopfige Haare (Köpfchenhaare) entstehen, wenn die Endzelle eines mehrzelligen Haares blasig anschwillt. Der Kopf ist bald ein-, bald mehrzellig (Fig. 275, 288, 289 und 294). Sie sind ausserordentlich verbreitet und finden sich wohl bei den meisten behaarten Blättern, meist neben anderen Trichomen (Hüllkelch von *Arnica*, *Fol. belladonnae* und *hyoscyami*, *Fol. menthae*, *Fol. cannabis*, *Kusso*, Kelch von *Verbascum*, Blüthe von *Tilia)*.

Fig. 290.



Verzweigte Haare von der Aussenseite der Corolle von *Verbascum Thapsus* (Vogl).

Sie fehlen den *Gramineen*, *Cyperaceen*, *Palmen* und den meisten *Cruciferen* (DE BARY). Der Kopf ist entweder ein Secretionsorgan (Drüsenhaar, s. Excretbehälter) oder secretfrei und nicht secernirend. Letzteres bei den *Chenopodiaceen*, *Pelargonium*, einigen *Labiaten*, *Cannabis)* und auch sonst häufig. Oft liegen nicht secernirende neben secernirenden *(Labiaten)*. Die Cotyledonarhaare des *Cacao* (MITSCHERLICH'sche Körperchen) gehören auch zu den Köpfchenhaaren (Fig. 293).

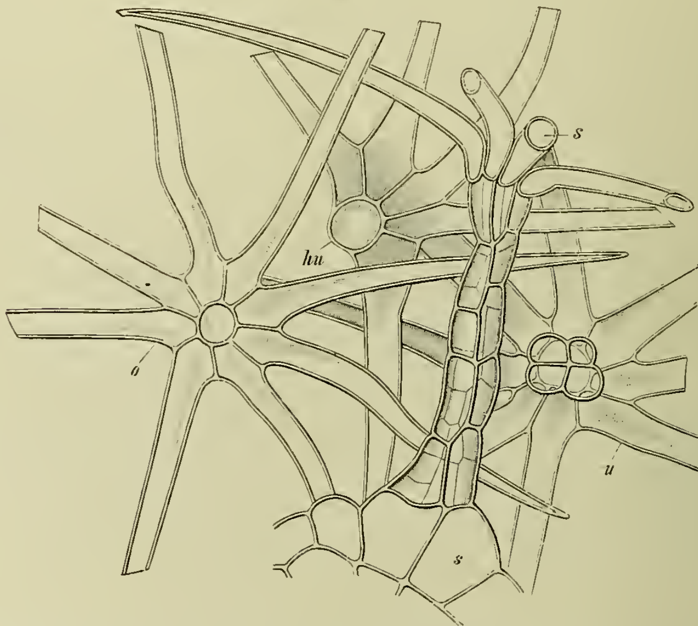
4. Die Schuppen sind entweder schildförmig oder einseitig angeheftet. Die schildförmigen bestehen aus einem Stiel (dem Fuss des Haares), der der Epidermis eingefügt ist und der schirmförmigen, vielzelligen Scheibe, die sich horizontal über die Epidermis breitet *(Olea*, *Croton*, *Klopstockia cerifera*, *Rhododendron ferrugineum)*, für die einseitig angehefteten liefern viele Spreuschuppen (Paleae) der *Farne* die schönsten Beispiele (Fig. 276).

5. Die Zotten unterscheiden sich von den bisher genannten nur durch die Mehr- bis Vielreihigkeit, ihr Körper ist niemals einreihig oder einschichtig. Das Ende der Zotte ist entweder einfach konisch, oder kopfig,

oder büschelhaarförmig (letzteres z. B. bei den Haaren der *Jurubebablätter* von *Solanum paniculatum* (Fig. 291), bei *Leontodon* und *Crotonarten)*. Der Rand der Zotte ist glatt, gezähnt oder gezackt (z. B. bei den Pappushaaren von *Arnica*, den Zotten der *Hieracien* (Fig. 292), von *Papaver* u. and.) oder trägt selbst Haarbüschel *(Correa speciosa)*. Der Fuss der Zotte sitzt oftmals einer Emergenz auf. Von der Emergenz unterscheidet sich die Zotte durch die Entwicklungsgeschichte. Die Zotte ist ein echtes Epidermalgebilde.

6. Die Blasenhaare (Perldrüsen, Meyen, Perlblasen), sind im einfachsten Falle blasig angeschwollene, einzellige Haarorgane *(Mesembryanthemum crystallinum)*. Bei den jugendlichen Stengeln, Blattstielen und Blättern (bei letzteren auf der Unterseite) einiger *Piperaceen (Piper nigrum, Artanthe elongata)* finden sich grosse Blasenhaare. deren sehr kleiner Fuss

Fig. 291.



Sternhaare auf Zotten von der Unterseite des Blattes von *Solanum paniculatum L.* *o* das Sternhaar von oben, *hu* halb von unten, *u* von unten; *s* das ganze Haar mit Zotte von der Seite (Tschirch).

in der Epidermisfläche sitzt und deren Blase weit hervorragt. Die Blase ist bisweilen mehrzellig.

7. Hautstacheln, Hautwarzen[1]) sind meist Emergenzen (s. oben S. 254). Trichomatische Gebilde der Art finden sich bei *Rubus idaeus, Chamaerops humilis.* Dieselben können zu den Zotten gezogen werden, unterscheiden sich wenigstens von diesen nur durch die Consistenz.

Im Innern der Pflanze finden sich Haare selten. Streng genommen müssen wir dieselben auch, wenn wir an der oben gegebenen Definition des Begriffes Haar, als eines epidermalen Gebildes, festhalten, von den eigentlichen Haaren trennen. Da sie, wie gesagt, nur selten sind, mögen sie hier eingeschaltet werden. Im Gewebe der Blattstiele unserer Teichrosen *(Nuphar* und *Nymphaea)* finden sich, in die Intercellularen hineinragend, grosse Sternhaare[2]), die aus an die Inter-

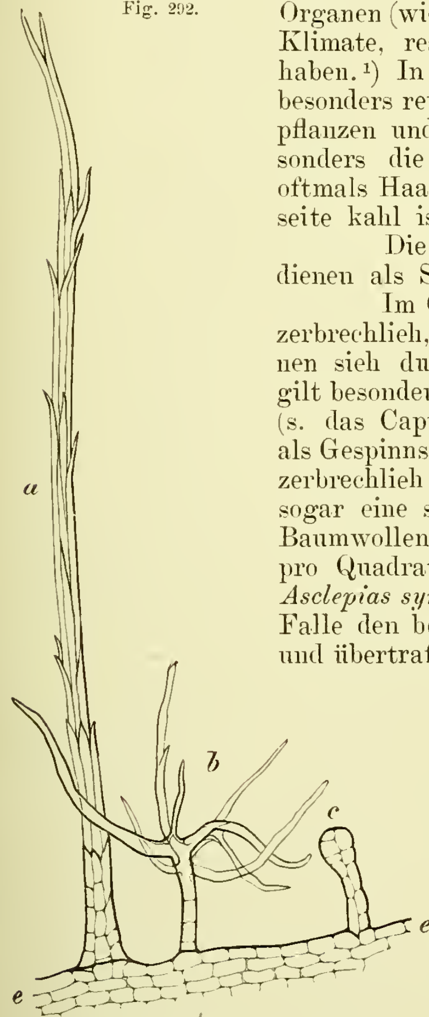
[1]) Morphologisch gehören hierher auch die *Dictamnus*drüsen (s. Excretbehälter).

[2]) de Bary rechnet sie zu den Sclerenchymelementen (a. a. O. S. 137).

cellularen grenzenden Zellen hervorgehen. Auch die intercellularen Drüsen der Farnrhizome (siehe hinten Drüsen) gehören morphologisch und entwicklungs-geschichtlich hierher.

Die Function der echten Haarüberzüge besteht in erster Linie in einer Herabsetzung der Transspirationsgrösse durch Schutz gegen zu energische Insolation und in dem Schutze gegen zu starke nächtliche Wärmestrahlung, wie überhaupt grosse Temperaturschwankungen. Demgemäss werden wir Haarfilze besonders an jugendlichen Organen (wie Blattknospen) und bei Pflanzen trockener Klimate, respective trockener Standorte zu erwarten haben.[1]) In der That finden wir sie auch dort ganz besonders reichlich entwickelt, während sie Schattenpflanzen und Pflanzen feuchter Klimate fehlen. Besonders die lichtempfindliche Blattunterseite trägt oftmals Haare, bisweilen auch dann, wenn die Oberseite kahl ist.

Fig. 292.



Haarformen von *Hieracium piliferum*; *a*, *c* Zotten, *b* ästiges Haar (Sachs).

Die Brennhaare (z. B. unserer *Brennnessel*[2]) dienen als Schutzmittel gegen Thiere.

Im Grossen und Ganzen sind die Haare sehr zerbrechlich, nur wenige und nur die längeren zeichnen sich durch besondere Festigkeit aus. Letzteres gilt besonders von den technisch verwendeten Haaren (s. das Capitel Fasern). Dieselben wären ja auch als Gespinnstfasern nicht verwendbar, wenn sie leicht zerbrechlich wären. Einige dieser Haare besitzen sogar eine sehr hohe Festigkeit. So betrug bei den Baumwollenhaaren das Festigkeitsmodul 18—22 Kg. pro Quadratmillimeter, bei den Samenhaaren von *Asclepias syriaca* gar 40·6 Kg.[3]), war also im ersten Falle den besseren Bastsorten gleich (vergl. S. 295) und übertraf im zweiten dieselben sogar ganz ausserordentlich.

In der angewandten Pflanzenanatomie spielen die Haarorgane eine grosse Rolle. Sie gehören (neben den Epidermiszellen) zu den wichtigsten diagnostischen Hilfsmitteln. So kann man die Theefälschungen (s. oben bei Epidermis S. 253) schon an den Haaren erkennen und gelingt es z. B. auch leicht selbst ein Senna p u l v e r auf Beimengung von *Arghel*blättern zu prüfen, da letztere mehrzellige, erstere nur einzellige Haare besitzen. Für *Artemisia Absinthium* sind die T-förmigen Haare, für *Jurubeba* die Sternhaarzotten, für den *Lavendel* die baumartig verzweigten, für die *Flor. verbasci* die keulenförmigen Staubfadenhaare u. and. mehr charakteristisch. Meist sind alle diese Haarbildungen selbst an den in den Pulvern befindlichen

---

[1]) Vergl. Kuntze, Schutzmittel der Pflanzen. — Grisebach, Vegetation der Erde. — Tschirch, Linnaea. 1881, S. 152.

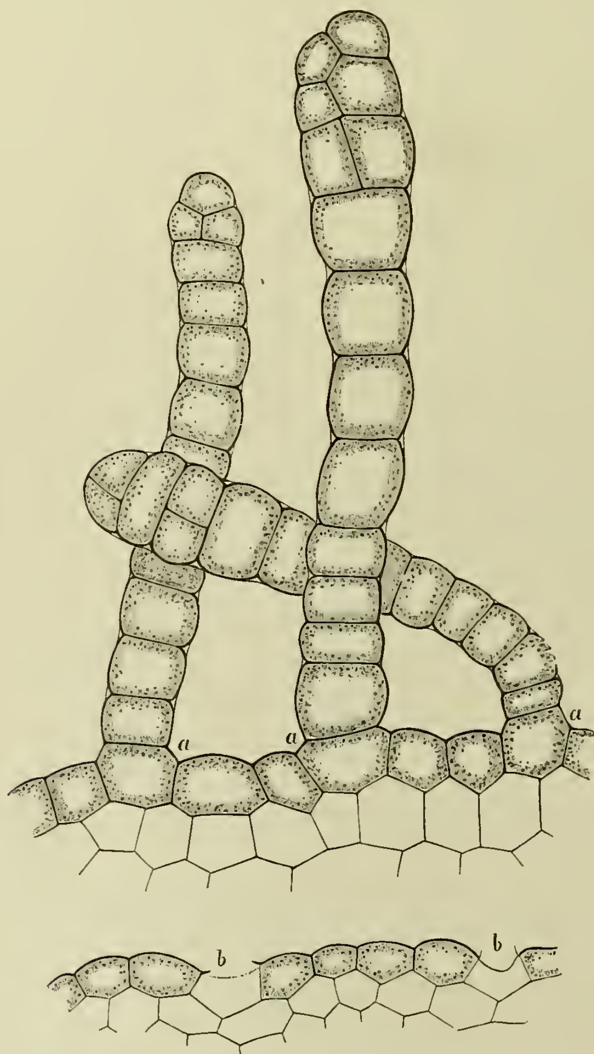
[2]) Den Vorgang beim „Brennen" und die demselben zu Grunde liegenden anatomischen und chemischen Verhältnisse hat neuerdings Haberlandt (Sitzungsber. d. Wiener Akademie. Februar 1886) geschildert.

[3]) G. Haberlandt, Anatomie, S. 108.

Fragmenten erkennbar. Die *Malabarcardamomen* unterscheiden sich durch den Mangel der Behaarung von den *Ceyloncardamomen* (Fig. 296).

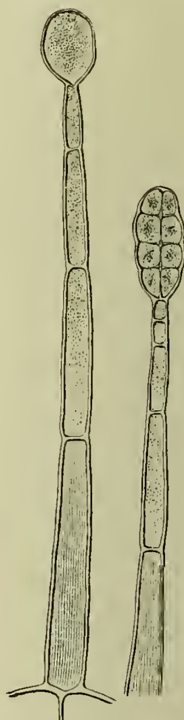
Ein sehr hübsches Beispiel, wie die Haarorgane zur Diagnose herbeigezogen werden können, lieferte WITTMACK.[1]) Er zeigte nämlich, und ich konnte seine Angaben im Ganzen bestätigen[2]), dass man Roggen-, Gersten- und Weizenmehl an den Haarfragmenten des sogenannten

Fig. 293.



Die Haarorgane der Radicula und der Cotyledonen des *Cacao*samens (Mitscherlich'sche Körperchen). Vergr. 350. *a* Die Stellen, wo die Haare abbrechen, *b* Stellen, wo Haare abgebrochen sind (Tschirch).

Fig. 294.



Köpfchenhaare vom Blatte von *Hyoscyamus niger* (Vogl).

„Schopfes", unterscheiden könne, wenn man die Dicke der Wand, die Breite des Lumens und das Verhältniss von Wanddicke zum Lumen berücksichtigt.

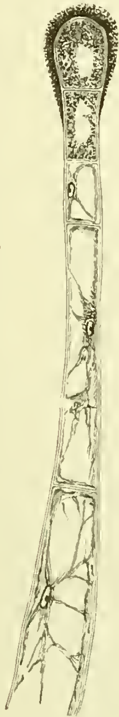
[1]) Anleitung zur Erkennung organischer und anorganischer Beimengungen im Roggen- und Weizenmehl. Leipzig 1884.

[2]) Tageblatt der Naturforscherversammlung in Strassburg. 1885.

Es beträgt nämlich:

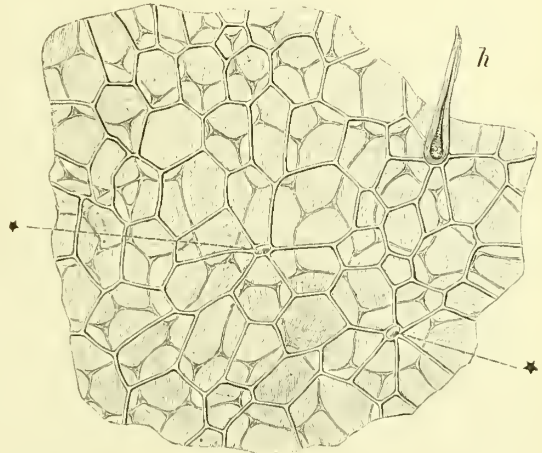
	Beim Weizen	Beim Roggen	Bei Gerste
Länge der Haare	120—742	50—420	50—1500
Durchmesser der grössten	15—21	9—17	20—25
Durchmesser an der verbreiterten Basis	9—28	8—23	40
Durchmesser der kleinsten	9—10	8	20
Dicke der Wand (Mittel)	7	3—4	2—4
Nach Berthold	5—8	3—6	—
Weite des Lumens, Mittel	1·4—2	7	8—30
selten bis	5	—	—
nach Berthold	1·5—4	4—12	—

Fig. 295.



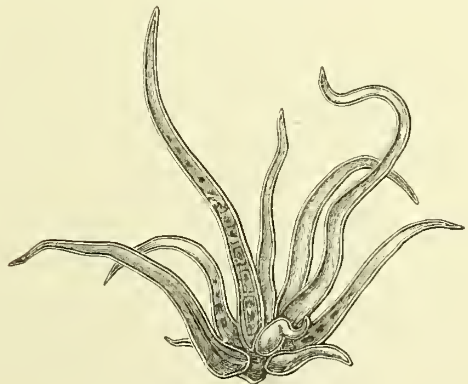
Drüsenhaar des Blattes von *Hyoscyamus niger* (Tschirch).

Fig. 296.



Oberhaut der Fruchtschale der Ceylon-Cardamomen mit durchscheinendem Parenchym. *h* ein Haar, * Spuren ausgefallener Haare. Vergr. 160 (Möller).

Fig. 297.



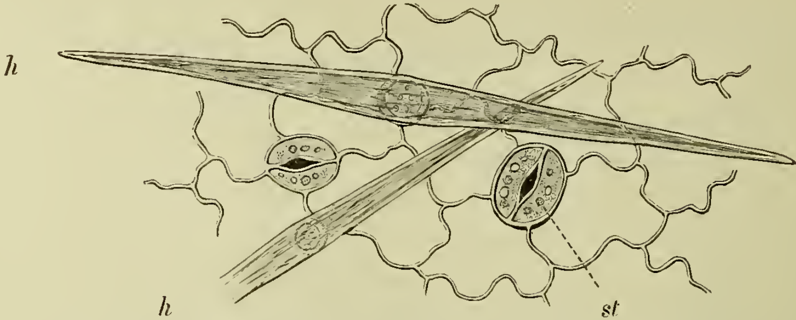
Sternhaar der *Kamala* (Vogl).

Werthvolle Anhaltspunkte bietet das Mikroskop auch zur Diagnose der technisch verwendeten Pflanzenhaare (Baumwolle, der Pflanzendunen, Pflanzenseiden und der Wollhaare, siehe hinten das Capitel Fasern). Man kann dieselben nicht nur von einander mikroskopisch unterscheiden, sondern auch z. B. nachweisen, ob in einem Gewebe Baumwolle neben anderen Fasern (bes. Bastfasern) enthalten ist. Bastfasern besitzen niemals eine Cuticula.

Aus den gleichen Gründen wie die Raphiden (S. 109) erzeugen auch alle derben und spitzen Haare, wenn sie in die Schleimhäute eindringen,

einen Reiz. Die unter dem Namen „Platanenhusten" bekannte Erscheinung wird z. B. von den sehr leicht abschülfernden Sternhaaren der Blattunter-

Fig. 298.

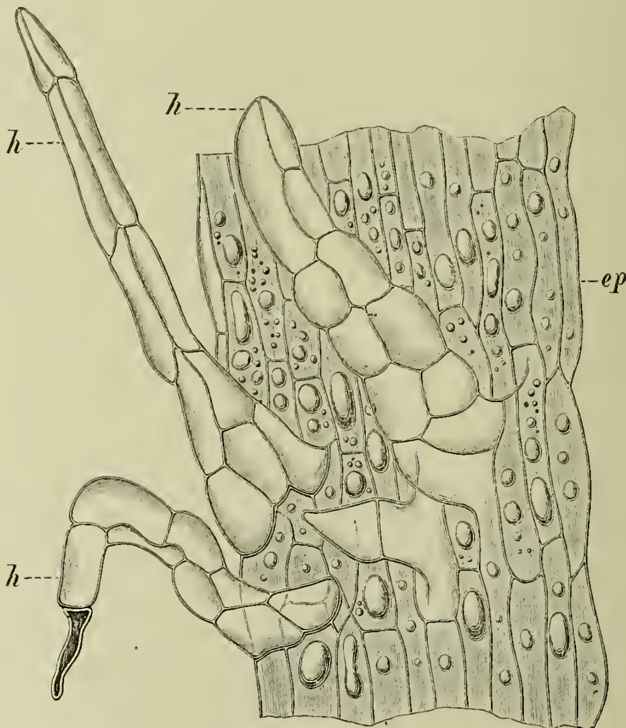


Fol. absinthii (Artemisia Absinthium L.). Epidermis der Blattunterseite von der Fläche gesehen, *st* Spaltöffnung, *h* haar (Vogl).

seite der Blätter der Platane hervorgerufen, die im Sommer in der Nähe von derartigen Bäumen herumfliegen.

Die derben Haare der Fruchtschale von *Dolichos (Stizolobium) pruriens* besitzen an ihrer Spitze einen Widerhaken. Gerathen dieselben auf die

Fig. 299.



Oberhaut *(ep)* der *Calendula*-Zungen (gegen den rinnigen Grund des Blattes) mit den Haaren (*h*). Die Zellen enthalten Tropfen fetten Oeles (Möller).

Haut der Hand, so bohren sie sich, und zwar je mehr man kratzt, um so tiefer in die Epidermis ein und sind eben wegen jenes Widerhakens so

leicht nicht zu entfernen. Darauf allein ist die reizende Wirkung derselben, auch auf die Taenia, zurückzuführen.

Die blutstillende Wirkung, die zahlreiche lange und weiche Haare, besonders die Spreuhaare der *Farne (Penghawar Djambi, Paku Kidang, Pulu)* zeigen und mit den Pilzhyphen (Feuerschwamm) theilen, beruht darauf, dass von ihnen das Blut capillar aufgesogen wird und in Folge der grossen Oberfläche, die es der Luft bietet, sehr schnell gerinnt und so die Wunde verstopft.

Periderm.

Die Epidermis kann älteren, besonders mehrjährigen, umfangreicheren Organen, z. B. Stämmen nicht genügen, denn erstlich ist sie als Dauergewebe nicht im Stande dem Dickenwachsthum zu folgen, wird also bald zersprengt und sodann bietet sie doch, so stark auch ihre Cuticularisirung sein mag, namentlich für dickere Organe einen nicht ausreichenden Schutz. Sie wird daher dort durch ein resistenteres, zum Schutze geeigneteres Hautgewebe, dem auch die Fähigkeit, dem Dickenwachsthum zu folgen, zukommt, ersetzt.[1]) Dies Gewebe ist das P e r i d e r m[2]) (Kork im weiteren Sinne).

Fig. 300.



Sternhaar vom Kelch der *Althaea rosea* (S a c h s).

Die Vegetationsorgane unserer einjährigen Gewächse haben alle nur eine Epidermis und zeigen keine Korkbildung. Die jüngsten Sprossen unserer Laubbäume sind ebenfalls noch mit einer Epidermis bedeckt. Doch meist schon am Ende *(Tilia)*, ja schon im Frühling *(Aesculus)* des ersten, jedenfalls aber nach ein oder zwei Jahren, tritt bei ihnen, an Stelle der Epidermis, der Kork. Anfangs nur in wenigen Reihen und noch von der Epidermis überzogen, bald aber, wenn die Epidermis gesprengt ist (Fig. 301), als vielreihige Schicht. Die Rinde aller, selbst dünner Aeste und Stämmchen, die älter als 1—2 Jahre sind, ist von Kork bedeckt *(Cort. quercus, Cort. cinnamomi ceylanic.)*, der bei älteren Stämmen oft eine sehr erhebliche Mächtigkeit annehmen kann. Als Verstärkung der erhaltenbleibenden Epidermis tritt Kork nur bei den Knospendeckschuppen auf.

---

[1]) Ueber Dauerepidermen vergl. S. 247. 40—50jährige Stämme von *Acer striatum* besitzen noch eine unveränderte Epidermis (de Bary).

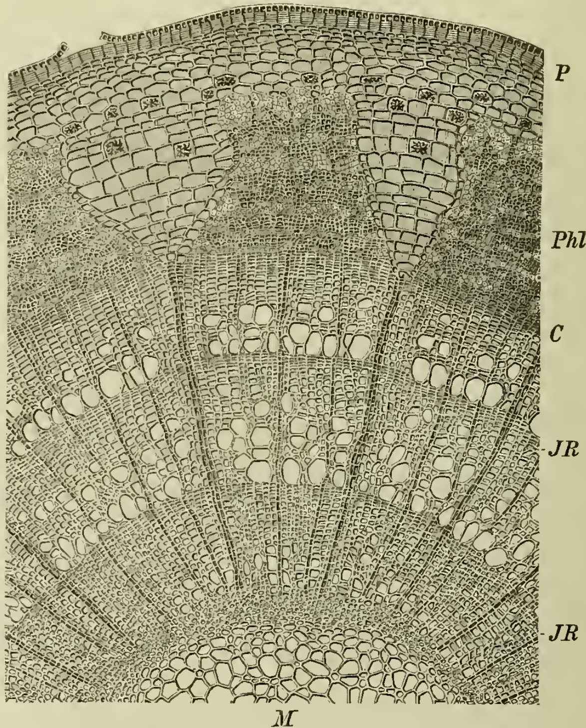
[2]) περί um, δέρμα Haut. Der Name wurde von Mohl (Unters. über die Entwicklung des Korkes. Dissert. 1836) eingeführt, in der obigen Umgrenzung wendete ihn de Bary zuerst an.

Das Periderm zerfällt in zwei Gewebearten, in ein Peridermbildungsgewebe (Phellogen[1]), Korkcambium) und in ein Peridermdauergewebe (Kork im engeren Sinne Suber). Der Kork hat als Hautgewebe die Aufgabe, die darunter liegenden Gewebe gegen mechanische Verletzungen und zu grosse Transspiration zu schützen, bei den Stämmen also den Wasserstrom ohne Verlust nach den höher gelegenen Theilen des Baumes, besonders den Blättern gelangen zu lassen. Dem Phellogen fällt, als einem Bildungsgewebe[2]), die Aufgabe zu, die Korkschicht, die in Folge des Dickenwachsthums oftmals zersprengt und Aussen abgeworfen wird, von Innen her zu regeneriren.

Kork.[3])

Die chemischen und morphologischen Eigenthümlichkeiten der Korkzellmembran sind schon oben (S. 177) beschrieben worden. Der Inhalt

Fig. 301.



Querschnitt durch einen dreijährigen Lindenzweig. *M* das Mark, *JB* Jahresringe des Holzkörpers, *C* Cambium; *Phl* die secundäre Rinde mit den verbreiterten (dilatirten) Markstrahlen; *P* Periderm, die Epidermis sprengend (nach Kny).

der Korkzellen, besonders der dünnwandigen, ist meist Luft. Bisweilen findet man Reste der Plasmahaut. Nicht zu alte Korkzellen können sogar noch Zellsaft, Plasma und den Zellkern enthalten. Bei Zweigen, die

---

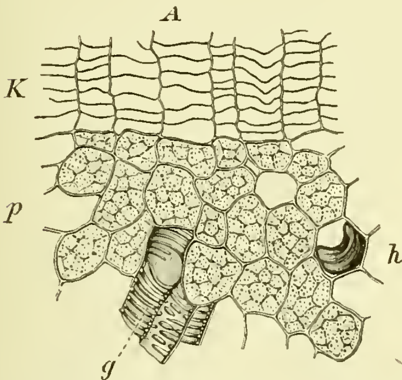
1) φελλός Kork, γεννάω erzeuge.

2) Es gehört zu den Folgemeristemen (s. oben S. 239).

3) Mohl, Unters. über Entwicklung d. Korkes und der Borke. Dissert. 1836 und Vermischte Schriften. — Hanstein, Unters. über Bau und Entwicklung d. Baumrinde. Berlin 1853. — Sanio, Vergl. Unters. über den Bau und die Entwicklung des Korkes. Pringsh. Jahrb., II; de Bary, Anatomie; v. Höhnel, Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1877.

grünlich durchschimmern *(Tilia)*, ist dies regelmässig der Fall. Viele, besonders dickwandigere Korke enthalten mannigfache, im Einzelnen noch wenig erforschte, gelbe oder braune Inhaltsstoffe *(Cort. chinae)*, die das Lumen meist vollständig ausfüllen. Nicht selten geben dieselben Gerbstoffreaction oder gehören zu den Abkömmlingen der Gerbstoffe, den Phlobaphenen (s. S. 127). Sonst findet sich noch im Inhalt Cerin (in Kristallen bei *Quercus suber)*, oxalsaurer Kalk in Raphiden oder Drusen *(Quercus suber)*, Betulin (bei *Betula alba)*.

Fig. 302.

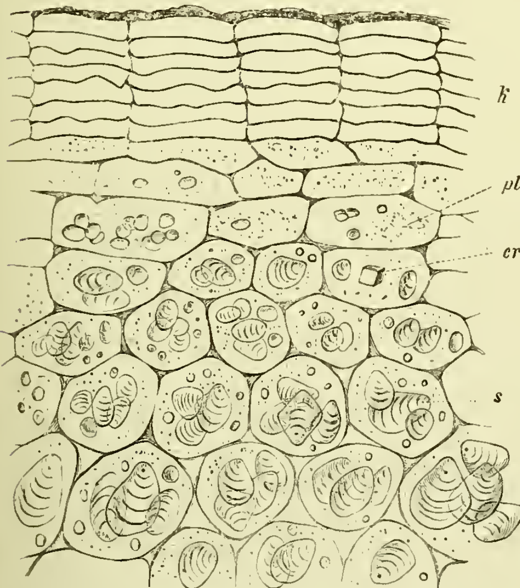


Querschnitt durch den äusseren Theil des *Curcuma*-Rhizoms. *K* Kork, *p* mit verkleisterter Stärke erfülltes Parenchym, *g* Gefässe, *h* eine Harzzelle (Möller).

Meist sind die Membranen der Korkzellen braun gefärbt, besonders bei dünnwandigen Korken, doch kommen auch, besonders bei den dickwandigeren, farblose oder gelbliche vor *(Salix)*. Die braune Farbe des Korkes rührt vorwiegend von dem Inhalte her. Sind die Zellen mehr oder weniger farblos und führen sie Luft, so erscheint der Kork weiss *(Birke)*.

Die Wandungen der Korkzellen sind entweder dünn — der gewöhnliche Fall — oder mehr oder weniger verdickt. Dünnwandiger Kork findet sich bei der *Kartoffel* (Fig. 303), *Rhiz. curcumae* (Fig. 302), dem Stamme von *Garcinia Morella*, *Tub. Jalapae* (Fig. 246), *Cort. chinae*, *Cort. canellae* (Fig. 313 u. viele and.). Etwas dicker sind die Zellen schon bei *Betula alba*, *Quercus Tilia*.

Fig. 303.



Querschnitt durch die Randpartie des *Kartoffelknollen*. *k* Kork, *pl* plasmaführende Zellen mit kleinen Stärkekörnern, *cr* Proteïnkristalloid, *s* Stärkekörner (Tschirch).

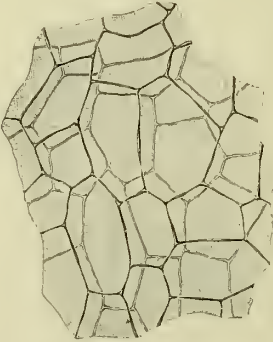
Bei den dickwandigeren Korkzellen ist die Wand entweder ringsum gleichmässig dick *(Fagus silvatica, Boswellia papyrifera)* oder es ist besonders die äussere *(Salix)* oder die innere Wand *(Mespilus german.)* verdickt. Die Membran ist bisweilen getüpfelt (Korkschuppen auf den Samen von *Amygdalus)*, selten faserförmig verdickt *(Boswellia papyrifera)*.

Nicht gerade selten kommt es vor, dass die Korkmassen deutliche Schichtung zeigen *(Betula, Quercus suber, Boswellia papyrifera, Liquidambar)*. Dieselbe rührt daher, dass concentrische Zonen weiter dünnwandiger Zellen mit solchen stärker verdickter, engerer abwechseln. Dadurch entsteht ein Querschnittsbild ähnlich dem der Jahresringe und in der That hat Sanio und Hartig

gezeigt, dass jede dieser Zonen einem Jahreszuwachs entspricht. Diese Zonen sind am Querschnitt jedes Korkstöpsels wahrzunehmen.

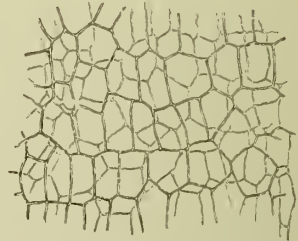
Andererseits kommt es auch vor, dass einige der den Korkzellen genetisch gleichwerthigen Zellen sclerotisiren, sich nachträglich verdicken und zu verkorkten Sclereïden werden (Steinborke, Hartig). Bisweilen liegen diese Steinzellen zu Nestern vereinigt mitten im normalen weichen

Fig. 304.



Kork des *Curcuma*-Rhizoms in der Flächenansicht (Möller).

Fig. 305.



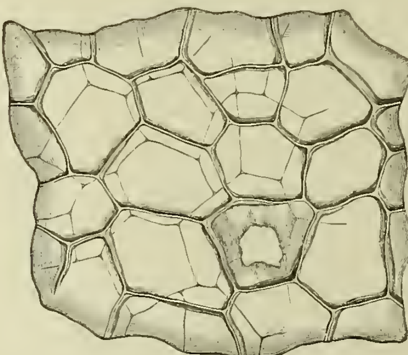
Kork der Cichorienwurzel in der Flächenansicht. Vergr. 160 (Möller).

Kork, und da sie wegen ihrer anderen physikalischen Beschaffenheit sich leicht als körnige Massen aus dem Gewebeverbande lösen, so entstehen mit bröckeligem Mehl erfüllte Lücken.

Die Korkzellen schliessen, wie die Epidermiszellen, lückenlos an einander, lassen also keine Intercellularen erkennen.

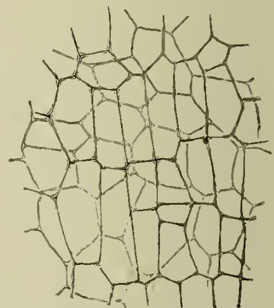
Ihre Form ist gewöhnlich die eines Parallelepipedons mit fünf- bis sechsseitiger Grundfläche. Die Korkzelle bildet eine flache Tafel, der

Fig. 306.



Kartoffelkork in der Flächenansicht.

Fig. 307.



Rübenkork in der Flächenansicht. (Möller.)

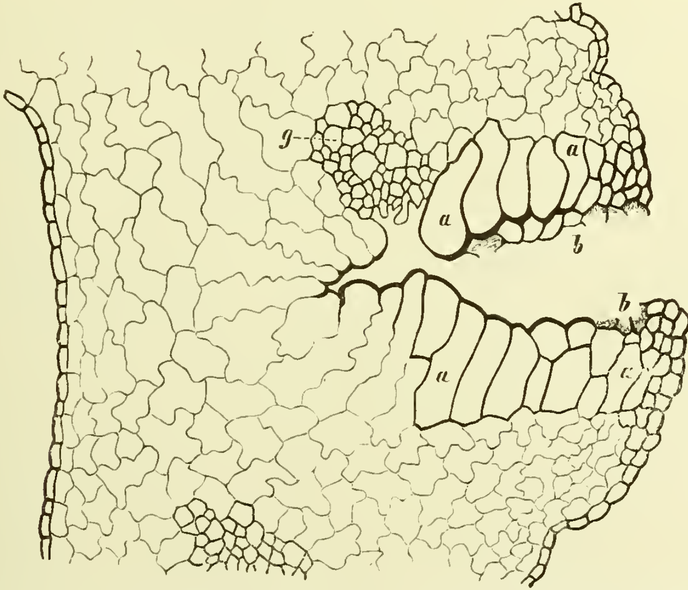
kürzeste Durchmesser liegt meist im Radius des Organs. Die Tafelform kommt also im Querschnitte zum Ausdruck (Fig. 302 u. 303), noch besser im schiefen Flächenschnitt (Fig. 304—307).

Bisweilen sind die Korkzellen sogar ganz flach-tafelförmig, selten sind Radial- und Flächendurchmesser nahezu gleich *(Quercus suber)*, während die beiden Flächendurchmesser gewöhnlich die gleichen Dimensionen zeigen. Nur die Lenticellen (s. Durchlüftungssystem) machen hiervon eine Ausnahme.

Im Querschnitte nahezu isodiametrische Korkzellen finden sich bei dem Stengel der *Syringa*, der *Rhiz. zedoariae* und der *Rhiz. zingiberis* (in der äusseren Schicht). Die dünnen Wände dieser Korkzellen sind wellig verbogen.

Physikalisch ist der Kork durch seine geringe Durchlässigkeit für Wasser und Wasserdampf, sowie für Gase besonders ausgezeichnet[1]). So verliert z. B. eine geschälte Kartoffel in 24 Stunden etwa 64mal so viel Wasser als eine ungeschälte (Eder). Schon aus diesem einen Versuch geht die hohe Bedeutung des Korkes als eines Schutzmittels gegen zu hohe Transspirationsverluste deutlich hervor. Sie beruht sowohl auf der Verkorkung der Wände, wie dem lückenlosen Zusammenschluss der Zellen. Ein weiteres schwer in's Gewicht fallendes Moment ist das geringe Wärmeleitungsvermögen des Korkes, welches die von ihm bedeckten Organe, besonders wenn die Bedeckung eine starke ist, wie bei der Borke mehr oder weniger unabhängig von Temperaturschwankungen macht.

Fig. 308.



Querschnitt durch den Rand einer *Vanille*-Frucht mit einer durch einen Insectenstich erzeugten Wundstelle. Die Wundränder *b* sind verkorkt, die unverletzten Randzellen (*a*) haben sich papillös vorgestülpt und sind gleichfalls verkorkt (Tschirch).

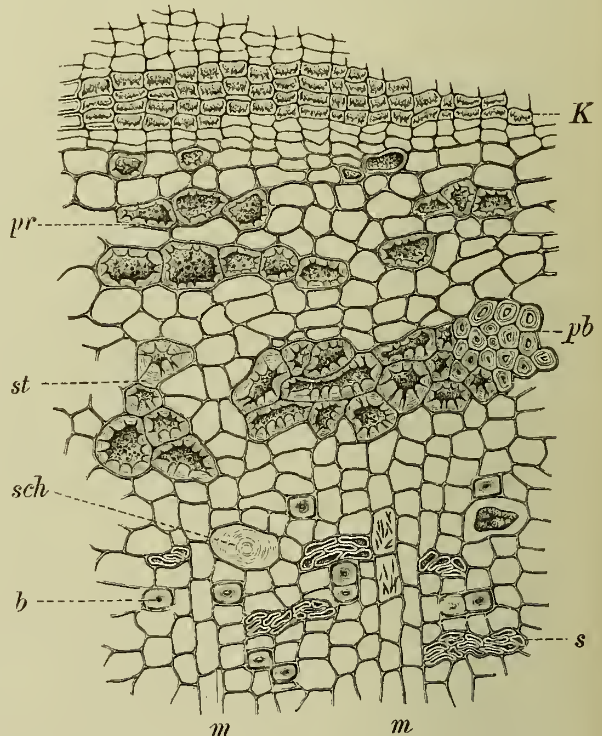
Auch als Schutzmittel gegen Thiere und pflanzliche Schmarotzer bewährt sich der Kork vortrefflich und ungleich besser als wie die Epidermis, die von den Keimfäden der Pilze meist leicht durchbohrt wird. Unterstützt wird der Kork als Schutzmittel gegen die Thiere vielleicht auch noch durch seine Inhaltsstoffe (Gerbstoffe. Bitterstoffe etc.).

Wie wichtig der Kork für die Pflanze ist, zeigt sich am schlagendsten dann, wenn durch eine Verwundung die natürliche Korkhülle beseitigt, also die inneren Gewebe der Pflanze freigelegt und der Luft ausgesetzt werden. Unter den verschiedenen Formen des Wundverschlusses: Wundgummi, Ueberwallung, Wundkork, spielt der Wundkork die Hauptrolle und ist z. B. bei allen krautigen Pflanzen nahezu die einzige Form der Wundheilung (Fig. 308). Seine Entstehung bezweckt, den

[1]) Vergl. die bei Haberlandt (Anatomie, S. 86) angegebene Literatur.

durch die Verletzung verloren gegangenen Abschluss des Organs nach Aussen von Neuem herzustellen. Die Form, wie er entsteht, ist eine zweifache.[1]) Entweder entsteht in dem Parenchym etwas unterhalb der Wunde durch wiederholte Theilungen parallel der Wundfläche ein continuirliches, sich beiderseits an das normale Phellogen (s. unten), beziehungsweise die Epidermis anschliessendes Wundphellogen, welches, während die ausserhalb desselben liegende Partie abstirbt, eine neue Korkschicht erzeugt — so heilen z B. Wunden an Stengeln und Knollen, z. B. der Kartoffel[2]) — oder aber die unmittelbar an die Wunde angrenzenden noch unverletzten Parenchymzellen strecken oder wölben sich papillenförmig in die Wunde vor, verschliessen dieselbe bisweilen sogar ganz[3]) und verkorken in ihrer Membran — so heilen z. B. Wunden an Blättern, aber auch bisweilen an Früchten (*Vanille* Fig. 308).

Fig. 309.



Querschnitt durch den chinesischen Zimmt. *K* Steinkork, die an diese verdickte Zone innen angrenzende Schicht ist das Phellogen. *pr* Rindenparenchym, *st pb* gemischter Ring, *sch* Schleimzellen, *b* Bastfaser, *s* obliterirte Siebbündel, *m* Markstrahlen. Vergr. 160 (Möller).

Letztere Bildung, die übrigens sehr mannigfach variirt[4]) und oft auch von Wucherungen der darunter gelegenen Gewebe begleitet wird, hat man unter dem Namen Callus[5]) unterschieden.

Endlich kann auch eine Peridermbildung ganz unterbleiben und die Wunde nur vertrocknen (*Camellia*-Blätter) oder es treten unter der Wundfläche netzfaserartige Zellen auf, wie bei einigen *Orchideen*-Blättern (Bretfeld).

Eine Wundkorkbildung findet auch allenthalben bei dem herbstlichen Blattfalle periodisch die Blätter abwerfender Pflanzen an der Stelle statt, wo das Blatt abgeworfen wurde. In einer nachträglich differenzirten Trennungsschicht löst sich der Blattstiel ab und die Blattnarbenoberfläche verkorkt — wenigstens der Regel nach.[6])

Der Korkbildung sind alle *Phanerogamen* fähig, bei den *Crypto-*

[1]) Vergl. Mohl, Bot. Zeit. 1849, S. 641. — v. Bretfeld, Ueber Vernarbung und Blattfall. Pringsh. Jahrb. XII, S. 133. — Frank, Handb. d. Pflanzenkrankheiten. — Staby, Verschluss der Blattnarben nach Abfall der Blätter. Dissertation. Berlin 1885.

[2]) Vergl. Frank, Handb. d. Pflanzenkrankheiten, Fig. 14.

[3]) Frank, a. a. O. Fig. 15.

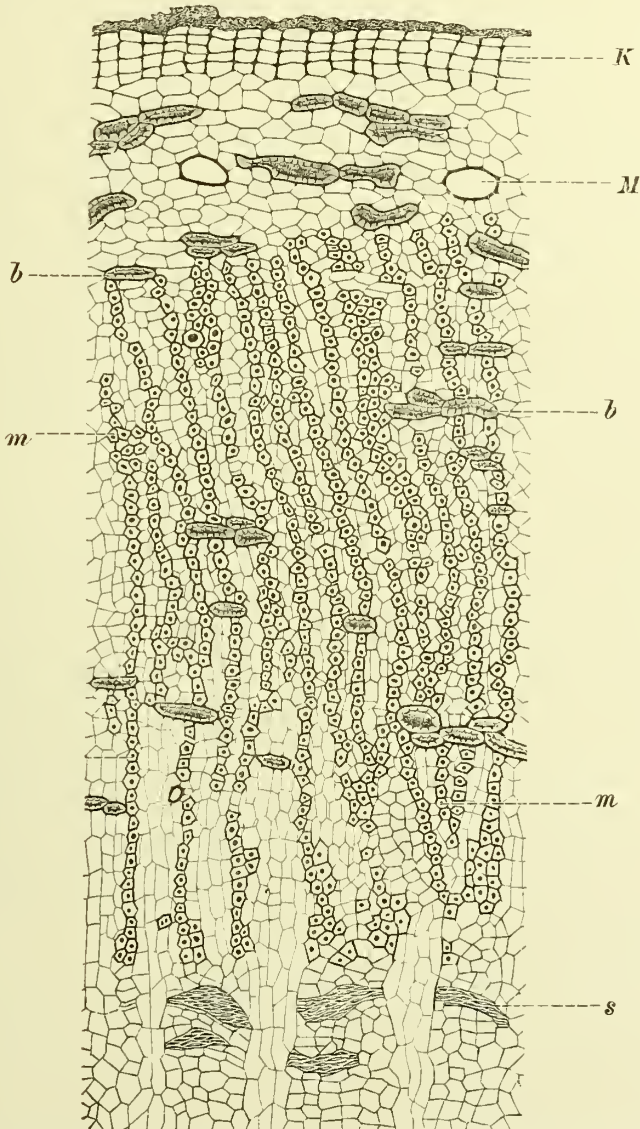
[4]) Einzelheiten, s. bei Frank, a. a. O.

[5]) Der Name wurde ursprünglich für die eigenthümlichen Wülste angewendet, die sich an der Schnittfläche von Stecklingen bilden. Auch hier beginnt die Bildung mit einer papillenartigen Vorwölbung der Zellen.

[6]) Vergl. Mohl, Bot. Zeit. 1860. — Bretfeld, a. a. O. S. 146.

gamen ist sie höchst selten. Besonders bei perennirenden *Dicotylen-* und *Gymnospermen*-Stämmen und Wurzeln ist sie allgemein verbreitet, seltener bei den *Monocotylen*, bei denen, da sie ein ausgiebiges Dickenwachsthum nicht zeigen, die Epidermis meist erhalten bleiben kann. Korkbildung findet sich aber z. B. bei *Zingiberaceen*-Rhizomen *(Zingiber, Curcuma* Fig. 302)

Fig. 310.



Querschnitt durch die *China cuprea*-Rinde *(Remijia)*. *K* Korkreste, *M* Milch- (Gummiharz-) schläuche, *b* Brachysclereïden, *m* Makrosclereïden, *s* collabirte Siebbündel (Tschirch).

und bei *Dioscorea*. Häufig ist sie auch bei den Schuppen der Winterknospen von *Dicotylen* und *Gymnospermen*.

Die Korkbildung beginnt damit, dass in einer einfachen Zellschicht, die der abzuschliessenden Fläche parallel liegt, tangentiale Theilungen parallel zu dieser Fläche eintreten. Diese Zellschicht, die Initialkork-

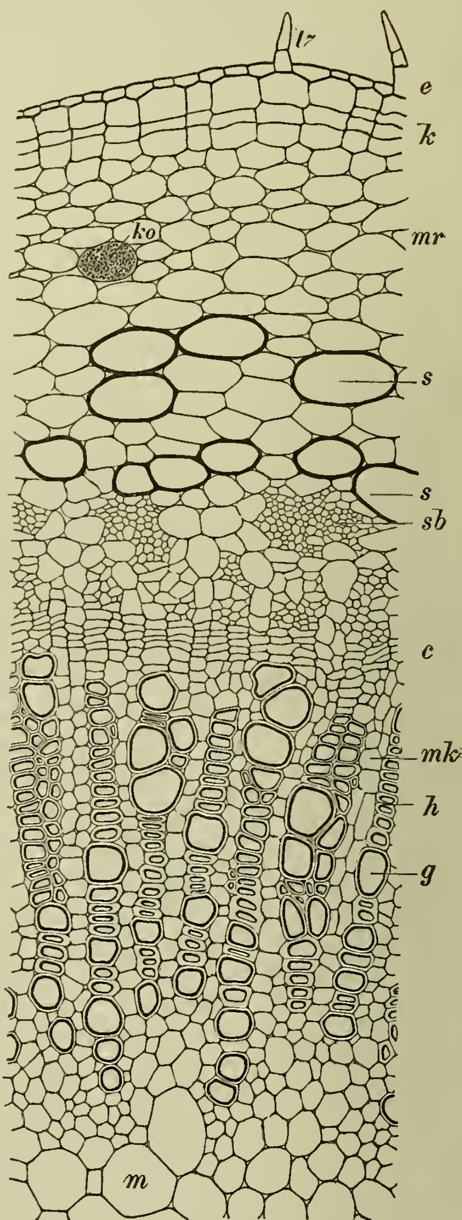
schicht, ist entweder die Epidermis selbst *(Pomaceen, Solanum Dulcamara, Salix)* oder eine unmittelbar unter dieser (der gewöhnliche Fall: *Cinchona* (Fig. 311) *Abies, Platanus, Rhamnus frangula, Quercus, Betula, Juglans, Sambucus, Acer, Tilia* (Fig. 301), *Fraxinus, Prunus, Amygdalus, Populus)* oder tiefer gelegene Parenchymzellschicht. Von den durch die Theilung erzeugten zwei Zellen wird meist (s. unten S. 279) die äussere zu einer Korkzelle, geht also in Dauerzustand über, die innere bleibt bildungsthätig, wird zu einer Phellogenzelle und theilt sich durch regelmässige Tangentialwände fortgesetzt weiter. Demgemäss erscheinen die Korkzellen von Anfang an in sehr regelmässigen, zur Organsoberfläche senkrechten, also Radialreihen, angeordnet (wie die Holzzellen zahlreicher Holzkörper, z. B. *Pinus)*, von denen jede einer Initialkorkzelle ihre Entstehung verdankt (Fig. 309—313). Da auch die Tangentialwände meist aufeinander stossen, so entstehen zugleich Tangentialreihen, und der Kork erhält dadurch das charakteristische reihen oder mauerförmige Ansehen (Fig. 302, 303 und 312).

Die Verkorkung der vom Phellogen abgeschiedenen Korkzellen geschieht sehr frühzeitig (ebenso wie die Verholzung der Holzzellen), meist unmittelbar nach der Abscheidung der Zelle.

Das Phellogen stellt bisweilen seine Thätigkeit nach einiger Zeit ein und wird in seiner ganzen Ausdehnung zu Kork, sehr bald geschieht dies bei Früchten (Aepfeln) und Knospenschuppen, sowie bei der Borkebildung in den äusseren Korklagen, wenn bereits innere angelegt worden sind.

Die Zahl der Zelllagen einer Korkschicht ist eine variirende, meist sind es nicht viele, 2 bis 20 (de Bary), doch kommen auch grössere Zahlen vor. So beobachtet man bei *Rhiz. iridis* 25, bei *Tub. jalapae* 20—25, bei *Rhiz. Curcumae* 15—22, auch *Rad. calombae* hat einen dicken Kork. Dort, wo die Schicht dick ist, wird in demselben Maasse, wie sie Aussen

Fig. 311.

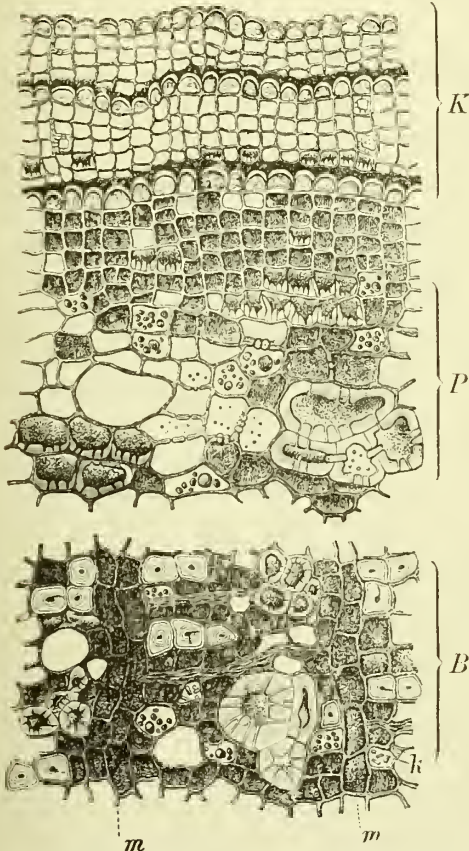


Querschnitt durch einen jungen Spross von *Cinchona Calisaya* bei Beginn der Peridermbildung. *k* Kork, *e* Epidermis mit Haar, *mr* primäre Rinde, *s* Gummiharzschläuche, *sb* Siebbündel der secundären Rinde, *c* Cambium, *g* Gefässe, *mk* Markstrahlen, *m* Mark (Tschirch).

abstirbt, die Korkschicht von Innen her durch das Phellogen ergänzt, so dass sie etwa auf gleicher Stärke erhalten bleibt. Die meisten, besonders aber ältere Korke, sieht man daher stets von einer Zone abgestorbener, obliterirter Korkzellen bedeckt (Kartoffel Fig. 303, *Cort. chinae* Fig. 310, *Rad. ipecacuanhae* Fig. 390). Mächtige Korkschichten finden sich besonders bei der Korkeiche *(Quercus Suber)*, wo sie viele Centimeter dick werden.

Der Gang der tangentialen Theilungen im Phellogen kann entweder in der Weise stattfinden, dass die Initialmeristemzelle sich in zwei Tochterzellen theilt, von denen die äussere zur Korkzelle wird, die innere meristematisch bleibt und sich weiter theilt (centripetale Korkbildung, der gewöhnliche Fall) oder die äussere bleibt meristematisch und die innere wird zu unverkorktem Rindenparenchym oder Phelloderm[1]) (centrifugale Theilung, sehr selten) oder endlich, die Theilungsfolge springt von einer zur anderen Form um (reciproke Theilung).

Fig. 312.



Querschnitt durch die Rinde des gegenwärtig im Handel befindlichen (falschen) Nelkenzimmtes. *K* Aussenrinde (Kork), *P* Mittelrinde, *B* Innenrinde, *m* Markstrahlen, *k* Kristalle (Möller).

Das Phelloderm, dessen Bildung bei den meisten Gehölzen gegenüber der Korkbildung quantitativ in sehr viel geringerem Maasse zu beobachten ist, unterscheidet sich von dem normalen Rindenparenchym nur durch seine Entstehung und dementsprechend radial reihenförmige Anordnung der Zellen. Es vermag zu sclerotisiren, in Collenchym od. stärkespeicherndes Parenchym überzugehen.

Ausgiebige Phellodermbildung findet sich bei *Quercus suber, Canella alba* (Fig. 313 *ph*) und *Cinnamodendron corticosum.* Bei letzteren finden sich an der inneren Seite des reichzelligen Korkes und von diesem durch eine Phellogenzone getrennt, mächtige, 3—20zellige Phellodermzonen, die aus einseitig nach Innen verdickten Zellen bestehen und zur mechanischen Verstärkung des Korkes dienen (Fig. 313).

Die Veränderungen, die die Korkbildung in der Rinde hervorruft, hängen ab von dem Orte der Entstehung des Korkes und der speciellen Beschaffenheit der Korkbildung. de Bary unterscheidet demgemäss: Oberflächenperidermbildung, innere Periderm- oder Borkenbildung und Lenticellen.

Da letztere zu den Durchlüftungsorganen der Pflanze gehören, so scheiden dieselben hier aus und werden bei dem Durchlüftungssystem behandelt werden.

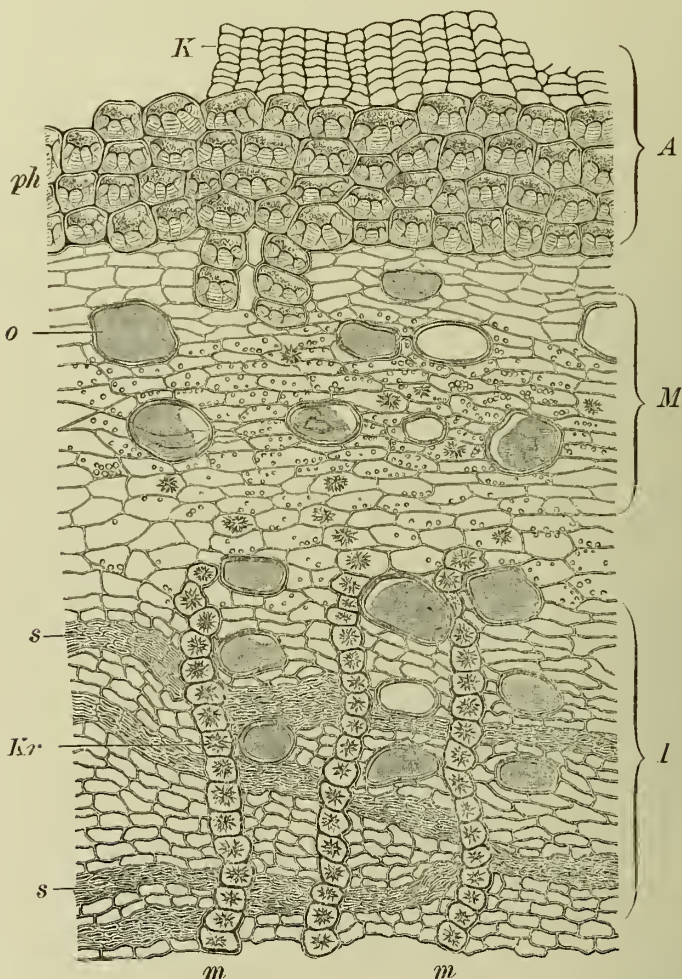
Das Oberflächenperiderm ist der gewöhnliche Fall der Peridermbildung bei den Stämmen holziger Gewächse und Knollen, bei

[1]) φελλός Kork; δέρμα Haut. Der Name rührt von Sanio her.

den Wurzeln ist es sehr selten. An die Stelle der Epidermis tritt bei diesen Pflanzen ein in ihr oder in der Zellreihe unmittelbar unter ihr entstehendes (s. S. 278) Periderm, dessen Meristem (Phellogen) thätig bleibt und so einen Korkmantel rings um die Rinde erzeugt.

Ist das Wachsthum dieses Korkmantels ein gleichmässiges und besteht derselbe nur aus glatten Zellen oder solchen und mit diesen abwechselnden dünneren Lagen weiter Zellen *(Betula, Boswellia* [1]) so entsteht der glatte Ueberzug der Rinde, wie ihn die meisten Gehölze in der

Fig. 313.



Querschnitt durch die Rinde von *Canella alba*. *A* Aussenrinde, *M* Mittelrinde, *I* Innenrinde; *K* Kork, *ph* Phelloderm, *o* verkorkte Oelzellen, *m* Rindenstrahl mit Kristalldrusen *(Kr)*, *s* Siebelemente (Tschirch).

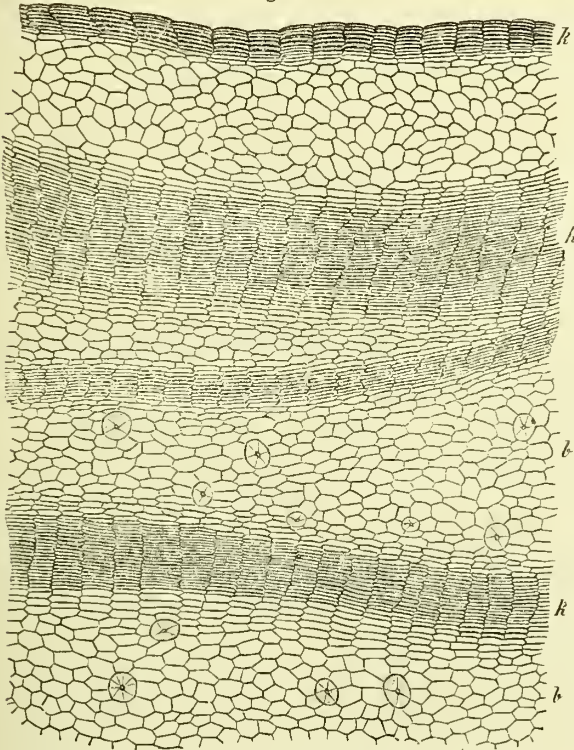
Jugend zeigen *(Fagus, Salix)* und man spricht von einer Korkhaut. Ist der dicke und geschichtete Korkmantel dagegen von Anfang an durch ungleiches Wachsthum in den einzelnen Längsstreifen gefurcht und zerrissen *(Korkeiche)* oder gar geflügelt *(Ulmus)*, so spricht man von Korkkrusten, Korkhöckern, Korkwarzen *(Quercus Suber, Liquidambar styraciflua,*

[1]) Dadurch, dass die schmalen, ringförmig umlaufenden Schichten der Rinde des Weihrauchbaumes später zerreissen, entsteht die für diesen Baum charakteristische, in Blätter spaltende Rinde.

Ulmus suberosa [1]), *Canella).* Auch bei den Korkhäuten tritt jedoch oftmals im späteren Alter ein Zerreissen der äusseren Schichten (in Folge des Dickenwachsthums) und ein Abblättern der peripherischen Partien ein *(Betula).*

Innere Periderm- oder Borkenbildung ist bei einigen Dicotylenstämmen und fast sämmtlichen Wurzeln der *Dicotylen* und *Coniferen* zu beobachten. Dieselben erleiden dadurch eine tiefgreifende anatomische Veränderung. Denn dadurch, dass die Korkschicht nicht in oder unmittelbar unter der Epidermis, sondern im inneren Gewebe, in mehr oder weniger grosser Entfernung von der Epidermis auftritt (Binnenkork), werden alle ausserhalb dieser Korkschicht liegenden Theile aus dem Saftverkehr ausgeschaltet, müssen also nothwendig absterben. Je nach der Lage der inneren Korkschichten werden bald nur Rindenparenchym, bald alle möglichen anderen Rindenelemente, wie Collenchym, Steinzellen, Bastzellen, Kristallzellen, Harzcanäle, Oelzellen mit ausgeschaltet. Die Gesammtheit dieser von der Wasser- und Saftzufuhr abgeschnittenen Rindenelemente sammt dem Binnenkork, der sie abscheidet, nennt man Borke (Rhytidoma [2]).

Fig. 314.



Borkenbildung bei *Cinchona Calisaya.* *k* Binnenkorkbänder, *b* Rindengewebe (Berg).

Die innere Peridermbildung, die zur Erzeugung der Borke führt, beginnt bei unseren Bäumen in sehr verschiedenem Alter, bei *Pinus silvestris* im 8—10 (Mohl), bei der *Birke* im 5—6, bei der *Linde* im 10—12, bei unseren *Eichen* im 25—35 Jahre (Hartig), bei den *Weiden* meist sehr viel frühzeitiger.

Die durch Borkebildung ausgeschiedenen, schnell absterbenden Gewebselemente verstärken die physiologische Wirkung der Borke, als eines Hautgewebes, die mechanischen dienen zur Festigung derselben.

Wo bei Stammorganen an Stelle des Oberflächenperiderms innere Peridermbildung tritt, geht dieselbe (abgesehen von eventuell eintretender secundärer Peridermbildung) stets in einer ringsumlaufenden Parenchymzone vor sich, die entweder in der Mittelrinde *(Berberis, Abietineen)* oder an der Aussengrenze des Siebtheils *(Juniperus, Punica, Vitis, Melaleuca)* liegt, wenige Zellreihen dick, aber befähigt ist, auch Phelloderm zu erzeugen. Bei den Ausläufern von *Glycyrrhiza glabra* scheint der Binnenkork in dem Pericycle zu entstehen (Fig. 316).

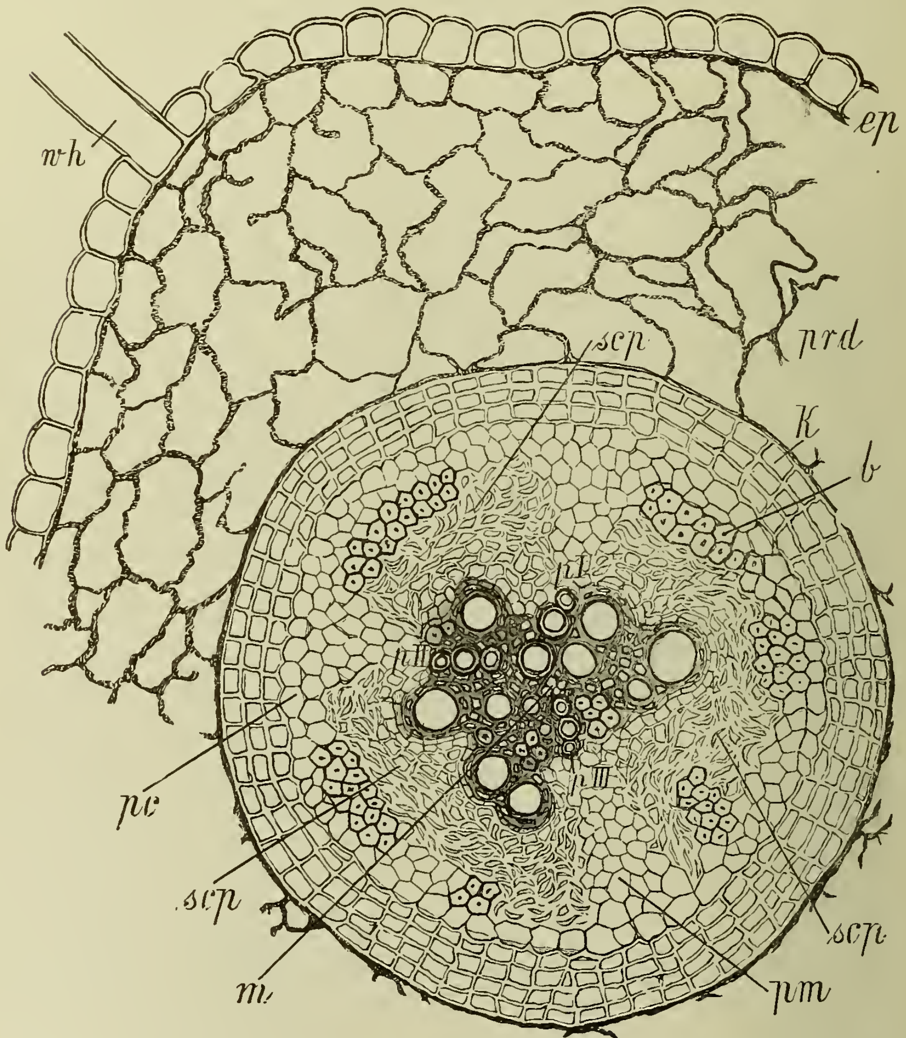
---

[1]) v. Höhnel zeigte, dass bei *Ulmus, Liquidambar, Evonymus* ein grosser Theil der sogenannten Korkzellen unverkorkt ist.

[2]) ρυτίς, ῥυτίδος Falte, Runzel; δωμάω baue.

Bei den *Dicotylen* und *Coniferenwurzeln* entsteht das innere Periderm stets in dem (auch die Nebenwurzeln erzeugenden) unter der Endodermis gelegenen Pericambium (pericambialer Kork) (s. unten). Dadurch wird die gesammte primäre Rinde sammt ihrer Epidermis von dem Saftverkehr ausgeschaltet, sie stirbt unter Bräunung der Wandungen ab und wird sammt der Endodermis meist sehr rasch und frühzeitig abgeworfen.[1] (Fig. 315).

Fig. 315.



Querschnitt durch eine junge Wurzel von *Glycyrrhiza glabra* mit triarchem Bündel, im Begriff die primäre Rinde abzuwerfen. *ep* Epidermis, *wh* Wurzelhaar, *prd* primäre Rinde, *k* pericambialer Kork, *b* Bastzellgruppen, *scp* aussen obliterirter, innen leitender Siebtheil, *pc* Pericambium, *p I*, *II*, *III* primäre Gefässplatten, *pm* primäre Markstrahlen, *m* Anlage des Markes (Tschirch und Holfert).

Auch hier kann das Phellogen sowohl Korkzellen (nach Aussen), als Phelloderm (nach Innen) erzeugen, letzteres bildet alsdann eine secundäre, meist sehr schmale Mittelrinde. Der die Wurzeln von *Althaea, Glycyrrhiza*[2]),

---

[1]) Die primäre Rinde wird nicht abgeworfen bei den Wurzeln von *Arnica montana. Inula Helenium, Taraxacum, Cichorium, Valeriana officinalis, Ononis spinosa, Tormentilla erecta, Aconitum Napellus, Helleborus viridis, Aristilochia Serpentaria* und den Monocotylen.

[2]) Tschirch u. Holfert, Arch. d. Pharm. 1888.

Angelica, Cephaelis Ipecacuanha, Krameria triandra, Levisticum, Pimpinella, Polygala Senega Imperatoria Ostruthium bedeckende Kork ist auf diese Weise entstanden.

Bei den Stammorganen bleibt es für gewöhnlich aber nicht bei dem primären Periderm. Sowohl solche mit Oberflächenperiderm, wie solche mit innerem . bilden entweder schon frühzeitig oder in späterem Alter secundäre Periderme. Ist ein primäres, concentrisch umlaufendes, inneres Periderm gebildet, so werden auch die secundären, inneren Periderme in concentrischen Zonen angelegt. Es werden also wiederholt cylindrische Rindenschichten abgestossen (Ringelborke). Bei den Organen jedoch, welche ein primäres Oberflächenperiderm besitzen, werden die secundären inneren Periderme in der Weise angelegt, dass sie, an die jeweilen innerste Peridermlage ansetzend, flach bogenförmig nach Innen verlaufen und so schuppenförmige Rindenstücke, meist sehr ungleicher Grösse und Gestalt abschneiden (Schuppenborke).

Die Eigenschaften einer Borke können sehr mannigfaltige sein. Sie sind abhängig von dem Bau und der Dicke der Peridermschicht selbst und von der Beschaffenheit der durch die innere Peridermbildung abgeschiedenen Gewebepartien. Durch Bildung von Schuppenborke sind ausgezeichnet die *Platane, Taxus baccata, Calisayachina* (Fig. 314), *Cort. chin. bicolorata, Pirus Malus,* die jüngeren Aeste von *Pinus silvestris* — bei diesen reisst der Kork in vorgebildeten Lagen dünnerer Korkzellen[1]); durch Ringelborke sind ausgezeichnet die *Melaleucen, Vitis, Clematis, Punica granatum, Cupressineen.* Beim Weinstock wird alljährlich der im Vorjahre gebildete Phloëmtheil durch innere Peridermbildung abgeworfen.

Besitzt die Borke keine leicht zerreissenden Schichten, hängt also die gesammte Masse fest zusammen, so blättert sie nicht ab, sondern zerreisst, in Folge des Dickenwachsthums gesprengt, aussen oft sehr unregelmässig, wodurch das charakteristische, oft tiefrissige Aussehen der älteren Stämme unserer Laub- und Nadelhölzer *(Quercus, Populus, Betula, Salix, Pinus silvestris)* zu Stande kommt.[2])

Bei *Cinchona Calisaya* beginnt, nachdem ein epidermales Oberflächenperiderm gebildet wurde, die Borkenbildung frühzeitig und ist sowohl, was die Zahl als die Dicke der Schichten betrifft, sehr ausgiebig. Die inneren Periderme verlaufen in flachem Bogen, so dass, wenn man die Borke durch Abkratzen entfernt, flache, muschelige Vertiefungen [3]) übrig bleiben. Sehr breite, oft 40—50 reihige Korkschichten fand ich auch bei der Borke von *Garcinia Morella.*

Die unverletzte Korkeiche *(Quercus suber)* bildet[4]) ein sehr starkes Oberflächenperiderm (s. oben S. 279), das aber technisch nicht verwendbar ist und daher von dem circa 15jährigen Baum durch die Démasclage rings um den Stamm entfernt wird. Dies ist der sogenannte „männliche Kork". Nun entsteht einige Millimeter tiefer, im normalen Rindenparenchym eine neue ringsumlaufende, innere Phellogenschicht und diese erzeugt durch lebhafte Theilungen in etwa 10 Jahren die massige, mehrere Centimeter dicke weiche Korklage, die man als „weiblichen Kork" unterscheidet und die allein aber technisch, als Flaschenkork verwerthbar ist. Der Process des Schälens kann in gewissen Perioden wieder-

---

1) Diese „Trennungsschichten", Trennungsphelloide bestehen meist aus unverkorkten Zellen (v. Höhnel). v. Höhnel unterscheidet (a. a. O.) active und passive (dünnwandige oder dickwandige) Phelloide.

2) Bezüglich der Einzelheiten vergl. de Bary, a. a. O. S. 571.

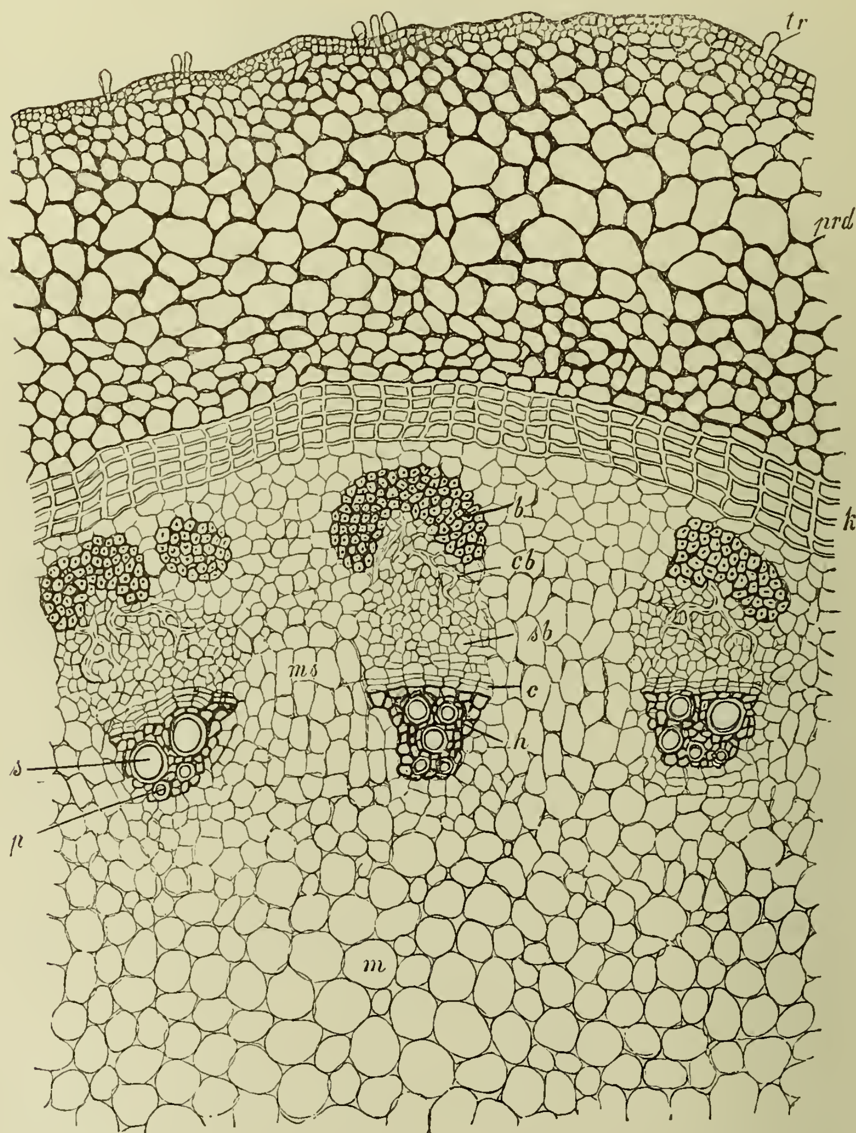
3) Die sogenannte „Conchas", vergl. Flückiger, Pharmakognosie, und meinen Artikel: „Chinarinden" in der Real-Encyclopädie d. ges. Pharm. B. III, S. 3.

4) Vergl. de Candolle, Mém. Soc. phys. de Génève. XVI (1861). — Mohl, Bot Zeit. 1848, S. 361. — Flückiger, Pharmakognosie. I.

holt werden und liefert der Baum bis in sein hohes Alter guten, neuen Kork. Aehnlich wie die Korkeiche wird in Russland *Betula alba* zur Korkgewinnung herangezogen.[1])

Wurzeln zeigen selten Borkebildung. Sehr schön ist dieselbe bei *Rad. sassafras* und an den dickeren Wurzeln von *Rad. ratanhiae* zu beobachten.

Fig. 316.



Querschnitt durch einen jungen Ausläufer von *Glycyrrhiza glabra*. *prd* primäre Rinde, *tr* Haare, *k* Kork (inneres Periderm), *b* Bastzellgruppen, *cb* obliterirter (primärer), *sb* functionirender (secundärer) Siebtheil, *c* Cambium, *h* Holztheil, *p* primäre, *s* secundäre Gefässe, *ms* Markstrahlen, *m* Mark (Tschirch und Holfert).

Bei einigen Pflanzen (*Rhiz. veratri*, *Rhiz. galangae*, *Tub. aconiti*) wird der Kork durch Metaderm (A. Meyer) ersetzt. (Vergl. S. 184, wo auch das Weitere über den Kork nachzusehen ist.)

[1]) Merklin, Mélang. Biolog. d. l'acad. St. Petersb. 1864, IV, S. 563.

3. Das mechanische System.

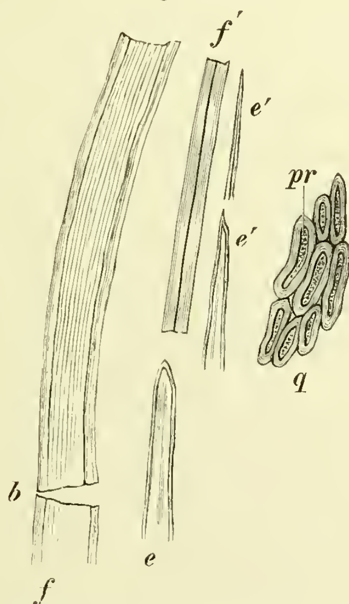
Es ist von vorneherein klar, dass jede Pflanze Einrichtungen besitzen muss, die sie gegen mechanische Eingriffe schützt, denn, wenn das nicht der Fall wäre, so würde die geringste Veränderung in den auf sie wirkenden Kräften Verletzungen hervorrufen, die im einfachsten Falle Verbiegungen, Knickungen oder Eindrücke sein würden, aber leicht zu vollständigem Zerreissen oder Zerbrechen führen könnten. Bei den niederen, ein- oder wenigzelligen Pflanzen, bei denen eine Arbeitstheilung noch nicht Platz gegriffen hat, sondern oft ein und dieselbe Zelle die mannigfachsten Functionen vegetativer und reproductiver Art zu erfüllen hat,

Fig. 317.



Schematisches Bild einer Bastzellgruppe. *a* im Querschnitt, *b* im Längsschnitt, *c* ein Stück einer isolirten Bastzelle (Tschirch).

Fig. 318.



Hopfenfaser. *q* im Querschnitt, *f—e* im Längsschnitt, *e* und *e'* Enden (Hanausek).

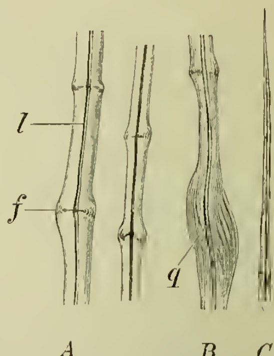
ist auch die Function des Schutzes gegen mechanische Eingriffe noch nicht auf besondere Zellen oder ein besonderes Gewebe verwiesen, es muss vielmehr ein und dieselbe Zelle, welche zugleich vielleicht der Assimilation und der Fortpflanzung dient, auch mechanisch ausreichend ausgerüstet sein.

Bei den höheren Pflanzen dagegen wird ganz allgemein die Herstellung der Festigung einem besonderen Gewebe überwiesen, welches nur oder doch vorwiegend diese Function zu erfüllen hat. Dies Gewebe ist das mechanische.

Die mechanische Inanspruchnahme der Pflanze ist eine sehr mannigfaltige. Ein, die Fruchtähre tragender Getreidehalm wird, wenn der Wind

sich erhebt, stark gebogen, muss also, wenn er nicht brechen soll, auf Biegungsfestigkeit construirt, muss biegungsfest sein. Wenn der Sturm über das Aehrenfeld dahinzieht, wird er an den Wurzeln zerren und reissen und die Halme zu entwurzeln streben. wenn die Wurzeln nicht zugfest gebaut wären, würden sie alsdann zerreissen; der Stamm eines belaubten Fichtenbaumes muss die mächtige Krone tragen, wird also, wenn er dies ohne einzuknicken vollführen soll, säulen- und strebefest gebaut sein müssen, ebenso wie die Blätter, an denen der Wind zerrt und reisst, schubfeste Einrichtungen und Schutzvorrichtungen gegen Einreissen am Rande benöthigen.[1])

Fig. 319.

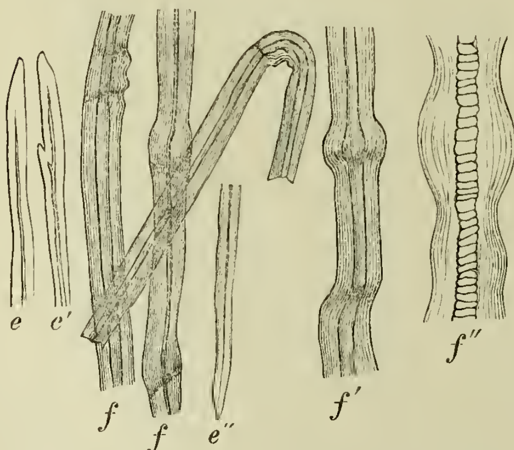


Flachs. Bastzellenfragmente in der Längsansicht. *A* fast unversehrt, *B* stark gequetscht, *C* Endstück, *f* Querfalten (Knickungen), *l* Lumen, *q* spiralige Quetschstreifung (Hanausek).

Allen diesen mannigfachen Anforderungen wird sowohl durch die eigenthümlichen Formen und Gestaltsverhältnisse der mechanischen Zellen selbst — namentlich durch starke Verdickung der Wand — wie durch Vereinigung der specifisch mechanischen Zellen zu mechanisch wirkenden Zellverbänden genügt. Wir werden also zunächst die mechanischen Zellen selbst und dann ihre Vereinigung zu biegungs-, zug-, druck- und schubfesten Constructionen zu betrachten haben.

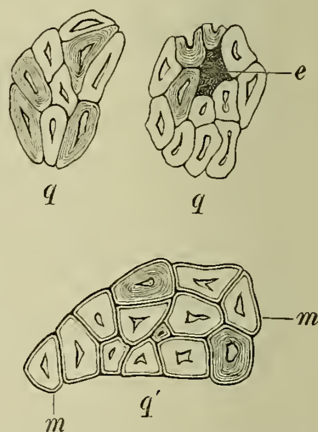
Mechanische Zellen sind die Bastzellen, das Libriform, das Collenchym und die Sclereïden. Die Gewebe „specifisch mechanischer Zellen“ fasst man unter dem Namen Stereom[2]) zusammen (Schwendener).

Fig. 320.



Hanffaser, Längsansichten. *f* Mittelstücke, *e e'* Endstücke der Bastfasern, *f'* Faserstücke mit Knickungsstellen, *f''* nach Einwirkung von Kupferoxydammoniak (Hanausek).

Fig. 321.



q Querschnitte der Bastfasern in Wasser, bei *e* eine Lücke; *q'* Querschnitt mit Jod- und Schwefelsäure behandelt, *m* Mittellamelle.

---

[1]) Den Hinweis auf diese Verhältnisse verdanken wir Schwendener, der in seinem meisterhaften Werke das mechanische Princip im anatomischen Baue der Monocotylen, Leipzig 1874, die, auch diesem Buche zu Grunde gelegte, anatomisch-physiologische Betrachtungsweise in die Gewebelehre einführte.

[2]) στερεός hart, fest.

Bastzellen, Libriform und Sclereïden bilden das mechanische System ausgewachsener, das Collenchym das

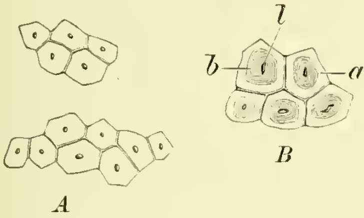


Fig. 322.

Flachs. Bastzellenquerschnitte. *A* in Wasser, *B* nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure, *l* Lumen. (Hanausek).

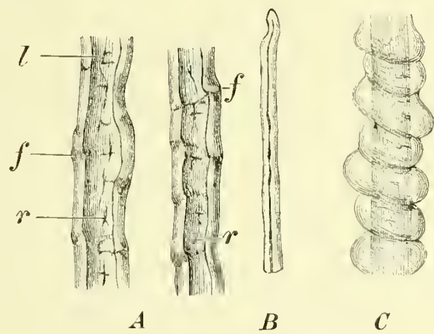


Fig. 323.

Chinagras, Längsansicht. *A* und *B* in Wasser, *C* nach Behandlung mit Kupferoxydammoniak. *A* weitlichtige Mittelstücke, *B* Endstück, *f* Quetschfalten, *l* Lumen (Hanausek).

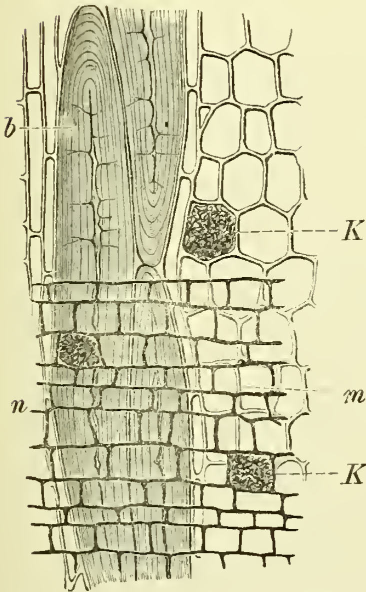


Fig. 324.

Cort. Cinchonae Pahudianae. Partie aus dem radialen Längsschnitt. *b* Bastzellen in der Längsansicht. *m* Markstrahlen. *K* Zellen mit Calkoxalatkörnchen (Vogl).

mechanische System junger, noch streckungsfähiger Pflanzenorgane.

1. Die Bastzellen [1]) (Bastfasern, Sclerenchymfasern (Sachs, de Bary, Russow, Stereïden [2]) sind durch ihre grosse Länge und die pfriemenförmig zugespitzten Enden, mit denen sie prosenchymatisch sich zwischen einander einkeilen (Fig. 317, 325), sowie durch die starke Verdickung ihrer Wand ausgezeichnet. Sie besitzen für gewöhnlich in linksschiefen Spiralen angeordnete, einfache, spaltenförmige Tüpfel.

Die Länge und Breite der Bastzellen, besonders erstere, schwankt zwischen weiten Grenzen, sinkt jedoch kaum unter einen halben Millimeter. Die Bastzellen gehören daher zu den längsten Pflanzenzellen.

Die Länge [3]) und Breite beträgt in Millimetern bei den

---

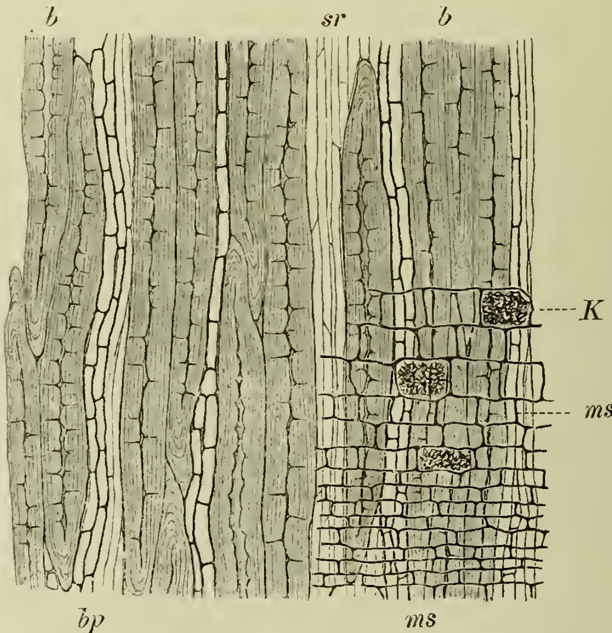
[1]) Der Name „Bast" (von Band, binden abgeleitet) wird seit Langem im gewöhnlichen Leben für zum Binden geeignete Pflanzengewebe angewendet. Botanisch hat man alsdann das Phloëm im weitesten Sinne mit „Bast" bezeichnet. Man reservirt nach Schwendener's Vorgang den Namen jetzt am besten für die oben charakterisirten echten Bastzellen.

[2]) Ich reservire den Ausdruck Stereïden für die Bastzellen.

[3]) Die Literatur der Fasern ist umfangreich; neben älteren Arbeiten sind besonders zu nennen: H. Schacht, Prüfung der im Handel vorkommenden Gewebe. Berlin 1853. — Vergl. Mohl, Bot. Zeit. 1855. — Vogl, Chinarinden und Commentar zur österr. Pharmacopoe und besonders Reisseck, Die Fasergewebe des Leines, des Hanfes, der Nessel und Baumwolle. Denkschr. d. Wien. Akademie 1852. — Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches. Wien 1873; Mikroskop. Untersuchungen. Beiträge zur Kenntniss der indischen Faserpflanzen. Sitzungsb. d. Wien. Akad. Juli 1870. — Vétillard, Études sur les fibres végètales textiles. Paris 1876. — V. Berthold, Ueber die mikroskop. Merkmale der wichtigsten Pflanzenfasern. Beilage z. Zeitschr. für landw. Gewerbe, 1883. — Vortrefflich sind: v. Höhnel, Ueber pflanzliche Faserstoffe.

Bastzellen von	Länge		Breite	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Cort. cinnamom.	0·5	0·7	0·015	30
Rad. althaeae	0·44	0·817	0·02	47
Ceratonia Siliqua	1·		0·018	
Cort. granati	0·18	0·44	0·02	0·135
Leinfaser	4	66	0·015	0·037
Hanffaser	5	55	0·016	0·050
Urtica dioica (Nesselfaser)	4	55 (77)	0·020	0·070
Chinagras *(Urtica nivea)*	60	250	—	0·080
Lindenbast	1·25	5	0·014	0·020
Jute *(Corchorus)*	1·5	5	0·020	0·025
Esparto *(Stipa tenacissima)*	0·5	3·5	0·017	0·018
Coir *(Cocos nucifera)*	0·4	1·0	0·012	0·024
Asclepias Cornuti	—	26	—	—
Daphne Mezereum, Rinde	—	3·37	—	—
Clematis vitalba	0·45	0·85	—	—
Bambusa	1·8	3	—	—

Fig. 325.



Cort. chinae flavus (Cinchona lancifolia). Partie aus dem radialen Längsschnitt, *b* Bastzellen, *bp* Phloëmparenchym, *ms* Markstrahl, *K* Kristallzellen (Vogl).

Am häufigsten sind Bastzellen von 1—2 Mm. Länge.

Das Verhältniss der Breite zur Länge schwankt gleichfalls sehr: von 1:10 *(Chinarinden)* bis 1:4000 *(Urticaceen)*.

Vergleichende Messungen[1]) der Breite und Länge der Bastfasern der im Handel befindlichen *Chinarinden*[2]) ergab folgende Werthe (in Mik.):

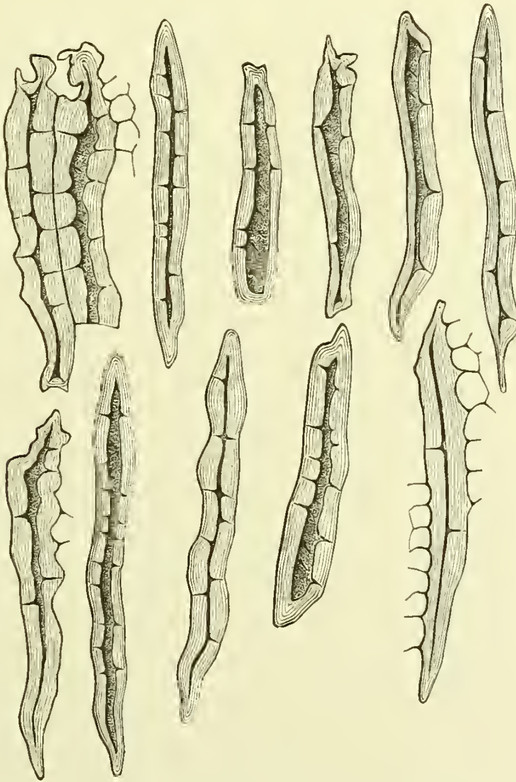
Wien 1884. Mikroskopie der technisch verwendeten Faserstoffe. Wien 1887, und Dingler's Polyt. Journ. Bd. 246, S. 465 und Bd. 234, S. 407. Die Arbeit Fockes, „Mikroskopische Untersuchungen der bekannteren Gespinnstfasern, der Shoddywolle und des Papiers.“ Arch. d. Pharm. 1886, S. 609, bringt zwar nichts Neues, gibt aber zahlreiche, im Allgemeinen zutreffende, Abbildungen; das letztere gilt auch von Oschatz, „Ueber den Bau der wichtigsten verwendbaren Faserstoffe.“ Polytechn. Centralbl. Neue Folge Bd. II, S. 1279 u. 1415.

[1]) Dieselben hat Herr Hobbs auf meine Bitte hin ausgeführt.

[2]) Die *China*-Bastfasern besitzen spaltenförmige, nicht, wie vielfach angegeben wird, runde Tüpfel.

	Breite		Länge		
	Radiale	Tangentiale	Max.	Min.	Durchschnitt
	im Durchschnitt				
Succirubra, Ostind.	60	45	880	496	640
Amerikanische Rubra	52	46	880	400	720
Mossed red	56	42	1152	496	720
Renewed red	64	47	1072	352	720
Javacalisaya	60	57	816	272	496
Calisaya sine epiderm.	84	59	992	544	784
Huanuco	73	57	1152	688	880
Loxa, äusserer Theil der Rinde	41	35	—	—	—
— innerer Theil der Rinde	62	43	912	528	720
Guajaquil	59	47	1040	432	752
Mossed brown	52	41	880	432	720
Maracaibo	132	73	1328	560	896

Fig. 326.



Durch Schulze'sche Maceration isolirte Bastzellen mit deutlicher Schichtung aus *Java-Calisaya-China*. Links oben eine Zelle mit Spaltentüpfeln. Vergr. 55 (Tschirch).

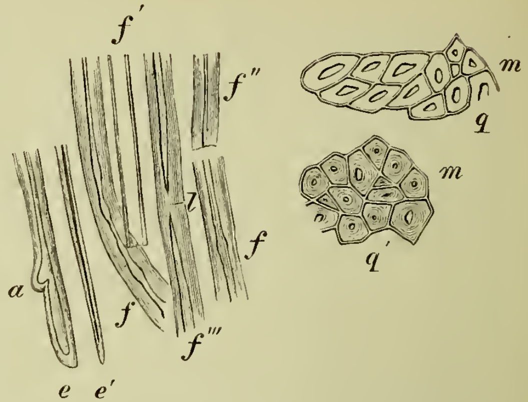
Trotz ihrer grossen Länge entstehen doch alle Bastfasern durch Auswachsen einer Zelle.

Die Dicke der Wand ist ebenfalls grossen Schwankungen unterworfen. Selten ist dieselbe gering (Bastfasern der *Cardamomen*kapsel, *Zingiberaceen*rhizome), oftmals so erheblich, dass das Lumen auf eine zarte Linie reducirt ist (*Benzoërinde*, Fig. 215, *Linum*, Fig. 335, *Rad. liquiritiae*, Fig. 401), ja bisweilen an einigen Stellen ganz verschwindet (*Urena sinuata*, *Corchorus*, Fig. 328, *Hibiscus cannabinus*, Fig. 327). Die Verdickung ist selten eine vollständig gleichmässige — meist sind Tüpfel, also kleine, unverdickte Membranstellen (s. oben, S. 161) vorhanden. Den

sehr stark verdickten Bastfasern (besonders denen der Dicotylen) pflegen jedoch die Tüpfel zu fehlen. Die Dicke der Wand ist bisweilen selbst bei ein und derselben Bastzelle an verschiedenen Stellen verschieden (*Sida, Abelmoschus, Corchorus* Fig. 328), *Urena, Ramiéfaser* (Fig. 330), *Gambohanf*, Fig. 327). An derselben Stelle pflegt die Verdickung jedoch ringsum gleichmässig zu sein.

Die secundären Verdickungsschichten zeigen sehr häufig, fast ausnahmslos bei allen sehr stark verdickten Bastzellen, eine deutliche concentrische Schichtung *(Chinarinden* (Fig. 325—329), *Benzoë* (Fig. 215), *Hanf*, Fig. 334). Auch Längsstreifungen der Membran sind nicht selten (besonders bei den Bastzellen der *Asclepiadeen, Apocyneen* und dem *Hanf)*.

Fig. 327.

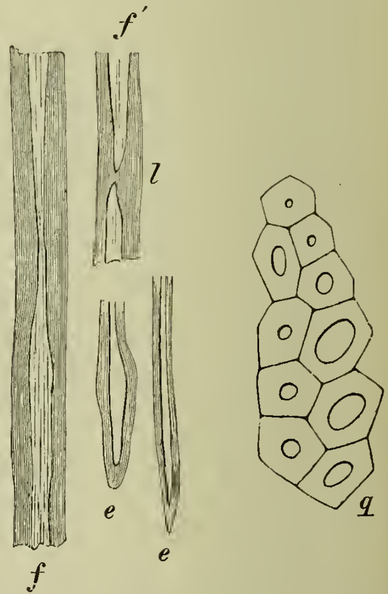


Gambohanf (von *Hibiscus cannabinus*). Vergr. 300. *f* und *e* Längsansichten. *f* Faserstück mit unregelmässigem, *f'* mit sehr weitem, *f''* mit sehr engem, *f'''* mit bei *l* unterbrochenem Lumen; bei *l* ist die Faser lumenlos, daher gänzlich verdickt. — *e* breites Faserende mit einer Gabelung (*a*), *e'* schmales Faserende. — *q* Querschnitte mit grossem, *q'* mit sehr kleinem Lumen; *m* Mittellamelle (Hanausek).

Der Querschnitt der Bastzellen ist dort, wo mehrere Bastzellen zu einem Bündel vereinigt sind, also sich im Wachsthum gegenseitig beeinflussen, meist eckig-polyëdrisch und isodiametrisch (Fig. 327—329), doch kommen hier und da auch rundliche *(Hanf, Phormium tenax)*, bandförmig zusammengedrückte *(Rad. ratanhiae* [1]*)*, verbogene *(Ramié* Fig. 330, *Cort. condurango)* und gelappte Querschnittsformen bei den Elementen solcher Bündel vor. Isolirt liegende Bastzellen besitzen meist einen runden Querschnitt *(Linum)*. Selten zeigen auch sie in Folge Beeinflussung durch benachbarte Elemente (turgescentes Parenchym etc.) mehr oder weniger eingebuchtete Querschnittsumrisslinien *(Cort. chinae, Nesselfaser, Chinagras)*.

Sehr eigenthümlich sind die Bastfasern vieler *Apocyneen* und *Asclepiadeen*: (*Nerium, Oleander, Vinca, Asclepias*) gestaltet, indem sie im Längsverlauf abwechselnd eng eingeschnürt und dann wieder plötzlich stark verbreitert sind. (Aehnlich verhalten sich die Fasern der *Sida, Urena* und *Corchorusarten.)* Die dickeren Stellen passen sich in verdünnte benachbarte Zellen ein, so dass ein sehr fester Verband erzielt wird. [2])

Fig. 328.



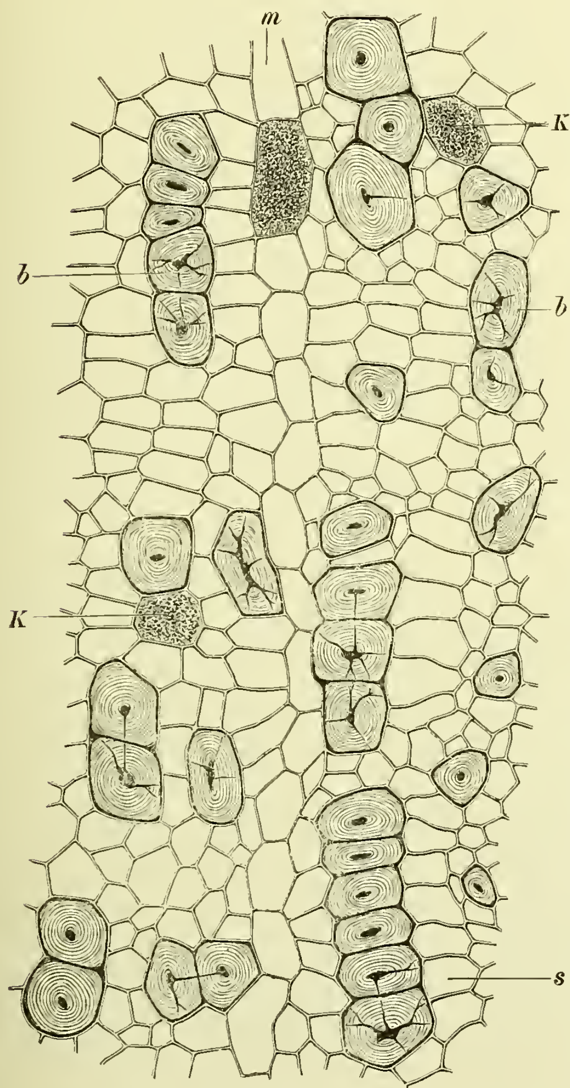
Jute (von *Corchorus capsularis*). *f* Faserstück in der Längsansicht mit Lumenverengungen, *f'* ein solches mit unterbrochenem Lumen (bei *l*), *e* Endstücke, *q* Querschnitte (Hanausek).

[1]) Auch Haare fallen oft beim Austrocknen bandartig zusammen (Baumwolle, Fig. 272, Staubfadenhaare von *Verbascum*, Fig. 122).

[2]) Vergl. Tschirch, Pringsheim's Jahrb. 1885.

Die Enden der Bastzellen sind verschieden gestaltet. In der Membran stark verdickte Enden finden sich bei *Linum, Cannabis* Fig. 334, der *Ramiéfaser, Sunnfaser, Pitafaser, Aloëhanf,* bei anderen *(Jute,* Fig. 328*)* sind sie unverdickt. Der Querschnitt nimmt gegen die Enden hin meist stetig und allmälig ab. Die sehr langen Fasern und viele isolirt liegenden sind oft in sehr feine Spitzen ausgezogen *(Linum usitatissimum,* Fig. 319). Da die Enden der Bastzellen eines Bündels nicht in einer Ebene liegen, so besitzen die Elemente eines Bündels an einer bestimmten Stelle desselben meist einen sehr verschiedenen Querdurchmesser, da die eine Zelle in der Mitte, eine andere mehr oder weniger gegen das Ende hin durchschnitten wurde (Fig. 328). Dies ist natürlich in verstärktem Maasse bei den Bündeln der Bastzellen, die in verschiedenen Höhen einen ungleichen Querdurchmesser besitzen, der Fall.

Fig. 329.



Querschnitt durch die Innenrinde einer ostindischen Culturrinde von *Cinchona succirubra.* Dicke des Rindenmusters 2 Mm. *b* Bastfasern, *s* Siebelemente und Parenchym, *K* Kristallzellen, *m* Rindenstrahl. Vergr. 145 (Tschirch).

Die Enden sind spindelförmig, kegelförmig, spitz *(Linum,* Fig. 319, *Phormium tenax),* abgerundet *(Hanf, Aloëhanf, Pitafaser, Hibiscus, Jute, Sunnfaser, Ramié),* stumpf *(Cocos* - Frucht), schwach gegabelt *(Hanf,* Fig. 334, *Urtica dioica),* oder stark gegabelt *(Rad. althaeae,* Fig. 333, *Cina,* Fig. 332). Vielfache kurze Gabelung der Enden fand ich bei den Bastzellen der *Chinarinden* (Fig. 326). Die nicht nur an den Enden, sondern auch sonst reichgegabelten kurzen Sclerenchymelemente im Blatte von *Hakea, Thea,* Fig. 348, *Camellia* werden, da sie runde (nicht spaltenförmige) Tüpfel haben und sich überhaupt mehr den Sclereïden nähern, bei diesen (s. S. 300) abgehandelt werden. Langgestreckte Bastfasern sind nur selten verästelt *(Olea europaea,* Blatt[1]), kurze öfter *(Cina*-Involucrum, Fig. 332).

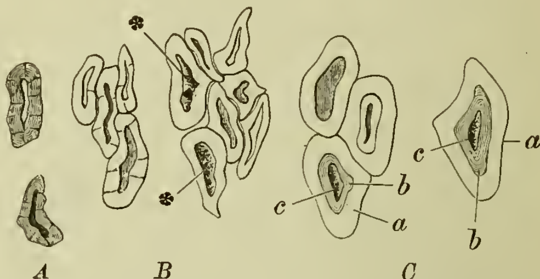
Sehr charakteristisch für die typischen Bastzellen sind die spaltenförmigen Tüpfel (Porencanäle), welche die Wandungen in meist mehr oder

[1]) Vergl. meine Abbildung in Pringsheim's Jahrb. XVI, Taf. X, Fig. 22 und 23.

weniger stark linksschiefer Spirale (schön sichtbar z. B. bei *Rad. althaeae*, Fig. 333), der *Jurubebawurzel* (Fig. 336), dem *Sternanis, Cort. chinae)*, seltener in longitudinaler Stellung *(Allium multibulbosum, Cort. granati,* Frucht von *Ceratonia Siliqua)* durchsetzen. Sie deuten auf eine spiralige Anordnung der Micellen (Schwendener).

Die chemische Beschaffenheit der Wandung der Bastzellen verschiedener Pflanzen differirt, einige sind gänzlich unverholzt *(Lein, Ramié, Nesselfaser)*, andere mehr oder weniger verholzt, schwach beim *Hanf*, stärker bei der *Pitafaser*, *Phormium tenax*, stark bei der *Jute*.

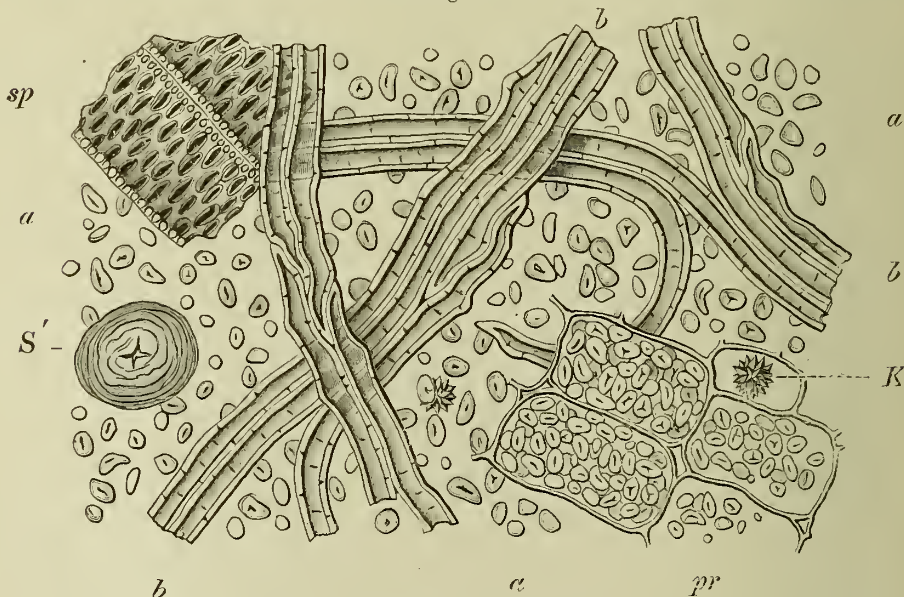
Fig. 330.



Chinagras, *Ramiéfaser* (von *Urtica nivea*), Querschnitt der Bastfasern. *A* und *B* in Wasser, *A* Einzelquerschnitte mit Demolirungserscheinungen, *B* Querschnittsgruppen (bei *gelber granulöser Inhalt). *C* nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. — *C a* tiefblauer, ungeschichteter Mantel, *b* hellblaue geschichtete Partie (tertiäre Membran), *c* Lumen mit gelbgrünem Saum und goldgelbem Inhalt (Hanausek).

Bei zu Strängen vereinigten Bastfasern unterscheidet man auf Querschnitten durch die Bastzellen an der Wand oft drei Schichten, ausser der zarten Mittelplatte oder Intercellularsubstanz, eine schmale, verholzte, äusserste Partie mit der Intercellularsubstanz zusammen die Mittellamelle bildend[1]), eine breite, mittlere und eine etwas schmälere,

Fig. 331.



Rad. althaeae (Althaea officinalis). Elemente des Pulvers, *b* Bastzellen, *sp* Gefässfragmente, *a* Stärke, *K* Kristalldruse, *S'* herausgelöster Schleimklumpen mit deutlicher Schichtung der secundären Membran, *pr* Parenchym (Vogl).

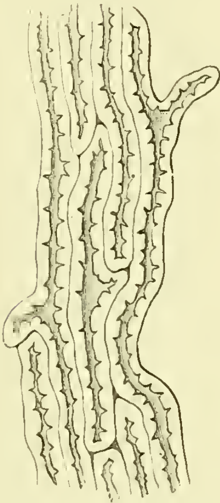
zu innerst gelegene Schicht, die meist stärker quillt als die anderen Schichten (Sanio) und als die sogenannte tertiäre Membran oder Innenhaut (s. oben S. 190) zu betrachten ist. (Besonders schön bei *Morus*, *Ficus*, *Robinia*, *Quercus*, *Ulmus*, *Rad. Glycyrrhizae*, Fig. 401, *Ramié* Fig. 330).

---

[1]) Die Lamelle, welche an die Intercellularsubstanz oder Mittelplatte grenzt und mit dieser zusammen die Mittellamelle der Autoren bildet, nenne ich „Aeussere Lamelle".

Der Inhalt der fertigen Bastzellen ist meist Luft, doch bleibt nach vollendeter Verdickung und Streckung ein zartes Plasmahäutchen

Fig. 332.



Flor. Cinae. Bastzellbündel aus dem Mittelnerv eines Hüllkelchblattes (Vogl).

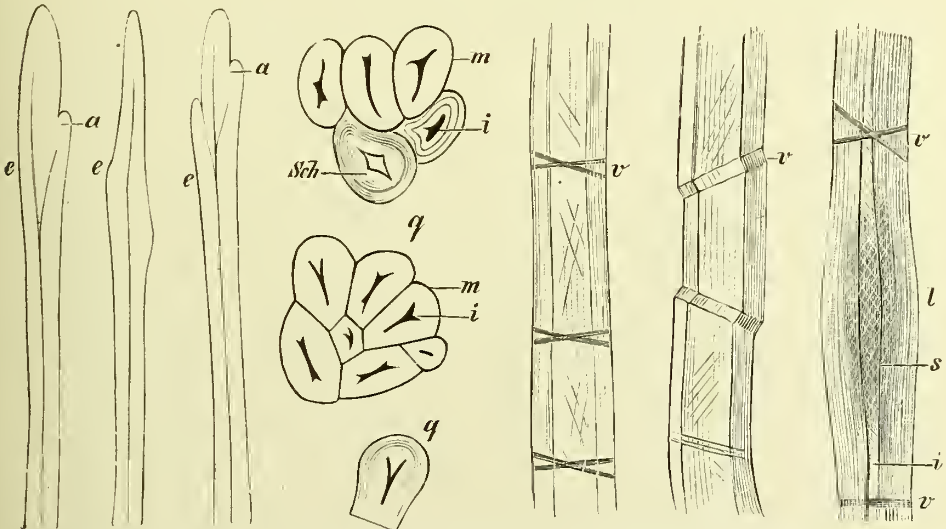
Fig. 333.



Althaea-Bastfasern (Hartwich).

wohl stets zurück (Fig. 23, 320), sehr selten dagegen bleibt Zellkern[1]), Plasma und Zellsaft auch nach vollendeter Ausbildung noch erhalten

Fig. 334.



Bastzellen des Hanf. *e* Spitze mit Abzweigungen *(a)*, *q* Querschnitte, die Mittellamelle *(m)* deutlich, *sch* Wandverdickung, *i* Lumen, *v* Verschiebungen, *s* Streifungen (von Höhnel).

(Liliaceen, *Geranium*, *Pelargonium)*, noch seltener sind Stärke und andere

[1]) Ueber vielkernige Bastzellen s. oben S. 37.

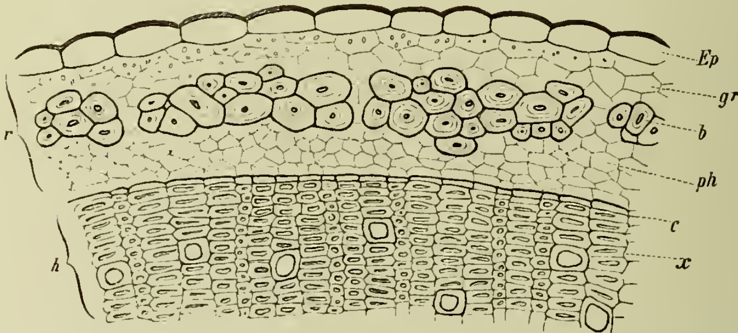
körnige Inhaltsbestandtheile. Im Blatte von *Laurus* fand ich einmal in den Bastzellen der Nerven Stärke.

Das Lumen der Bastfaser ist meist eine ununterbrochene, oftmals freilich sehr enge, fadenartige (im Querschnitte daher punktförmige), nicht selten sehr weit von den spitzen Enden aufhörende Höhlung.

Abgesehen von den schon oben erwähnten Fällen, wo die Verdickung bis zum Verschwinden des Lumens fortschreitet, gibt es nun aber auch Fälle, wo die Bastzelle durch zarte Querwände wirklich gekammert ist (*Rhiz. zingiberis*, Rinde von *Aesculus Hippocastanum*). Derartige gefächerte Bastzellen sind als Zellreihen aufzufassen.

Eine bisher nur bei Bastfasern beobachtete Erscheinung sind die sogenannten Verschiebungen (Quer- oder Ringstreifungen, Knickungen, Knoten. Querbruchstellen, Sprunglinien, Querspalten, Querfalten, Demolirungs-Quetscherscheinungen. Quetschfalten, plis de flexion Fig. 334 u. 319, 320). Dieselben, in einigen Fällen seit langem bekannt [1], wurden zuerst von Höhnel [2]) richtig beschrieben und gedeutet. Es sind Knickungen, die die Fasern schon in den Pflanzen selbst erfahren, wie radiale Längsschnitte durch die lebenden Pflanzentheile zeigen. Sie finden sich bei wenig oder nicht verholzten, dünnen und langen Bastzellen zahlreicher Dicotylen (besonders *Urticaceen, Asclepiadeen, Mimoseen, Lineen*, bei *Cannabis*,

Fig. 335.



Querschnitt durch die Randpartie des Stengels von *Linum usitatissimum*. *r* Rinde, *h* Holzkörper, *Ep* Epidermis, *gr* grüne Rinde, *b* Bastzellen, *ph* Siebtheil, *x* Holztheil (Tschirch).

Urtica, Böhmeria, Humulus (Fig. 334 u. 320), *Ficus*, *Ulmus*, *Asclepias*, *Linum* (Fig. 319), *Acacia, Rhamnus Frangula, Daphne Mezereum*, *Hibiscus syriacus*, *Spartium junceum* u. and.). Durch diese Verschiebungen werden die Bastfasern in eine Anzahl kürzerer oder längerer Glieder zerlegt, die durch, meist aus einfachen oder mehrfachen schmalen Scheibchen bestehende „Knoten" von einander getrennt sind (Fig. 334). Die Verschiebungen sind eine Folge des Umstandes, dass die verschiedenen Abschnitte derselben Bastfaser gleichzeitig einem verschieden grossen radialen Gewebedrucke ausgesetzt sind, wodurch sie gegen einander verschoben werden. Sie stellen entweder nur scharfe Verbiegungen der Faser dar oder sind mit wirklichen Zerreissungen einzelner Schichten oder Schichtencomplexe verbunden. Die Zerreissungen zeigen sich in Form von Querspalten (Höhnel). Die Verschiebungen zeigen gegen Reagentien und das Polarisationsmikroskop ein abweichendes Verhalten.

Die anatomischen Merkmale der Bastfasern spielen in der angewandten Pflanzenanatomie eine grosse Rolle, da die technisch verwertheten „Fasern"

[1]) Nägeli, Bau der vegetabilischen Zellmembran. Münch. akad. Sitzungsber. 1864. — Vétillard, a. a. O. — Wiesner, Rohstoffe, S. 389. — Reisseck, Schacht u. And.

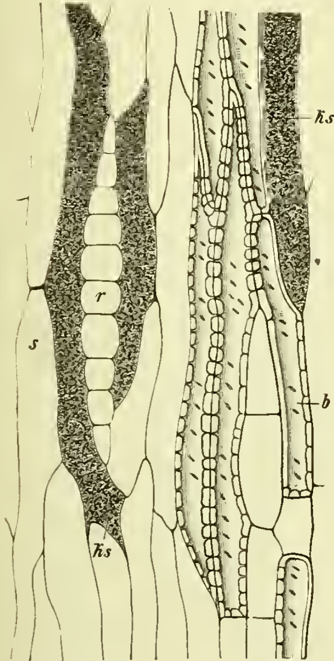
[2]) Ueber den Einfluss des Rindendruckes auf die Beschaffenheit der Bastfaser der Dicotylen. Pringsheim's Jahrb. XV, S. 311.

vorwiegend von Bastzellen gebildet werden. Wie später gezeigt wird, kann man, trotzdem die Bastzellen im Grossen und Ganzen einen ähnlichen Bau zeigen, doch die einzelnen Fasern des Handels schon allein an dem Baue der Bastzellen erkennen und unterscheiden.

Bei der Unterscheidung ist besonders Länge und Breite der Faser, der Querschnitt, Form und Stärke der Wandverdickung, Form der Spitze und Art ihrer Verdickung, Abwesenheit oder Vorhandensein von „Verschiebungen" und die mikrochemische Reaction der Membran zu berücksichtigen.

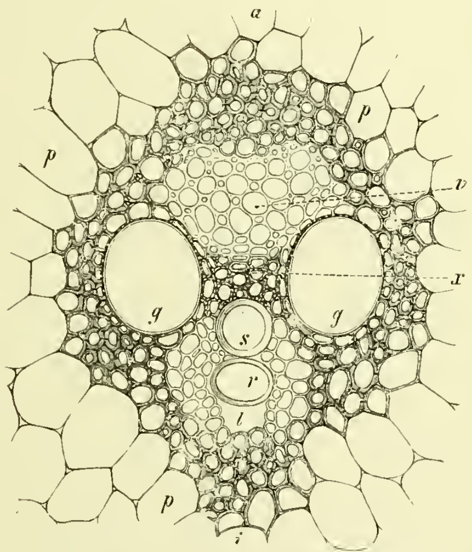
Die Festigkeit, d. h. die mechanische Leistungsfähigkeit der Bastzellen ist besonders von SCHWENDENER[1]) untersucht worden. Er fand, dass die Bastzellen ein Tragvermögen besitzen, welches dem des Schmiedeeisens nahe kommt, ja bisweilen das des Stahls erreicht.[2]) Dabei besitzt der Bast

Fig. 336.



Längsschnitt aus der secundären Rinde der Wurzel von *Solanum paniculatum (Jurubeba)*. *ks* Oxalatschläuche mit Kristallsand, *r* Rindenstrahl, *b* Bastfasern, *s* Siebröhre (Tschirch).

Fig. 337.



Querschnitt durch ein Gefässbündel des *Maisstengels* mit einem ringsumlaufenden Bastzellbeleg. *a* Aussen-, *i* Innenseite, *x* Holztheil, *v* Siebtheil.

eine erheblich grössere Dehnbarkeit und die Differenz zwischen Tragmodul und Festigkeitsmodul, d. h. zwischen der maximalen Belastung, bei der die Elasticitätsgrenze (der Punkt, wo bleibende Verlängerung eintritt) noch nicht erreicht ist und der, bei welchem Zerreissen eintritt, ist eine sehr geringe. Beim Trocknen des Bastes — wie solches z. B. beim Herstellen der Bastfasern (Textilfasern) des Handels stattfindet — wächst die absolute Festigkeit (Tragmodul und Festigkeitsmodul), während die Elasticität sinkt (WEINZIERL). Durch das Trocknen verlieren die Bastfasern also nicht

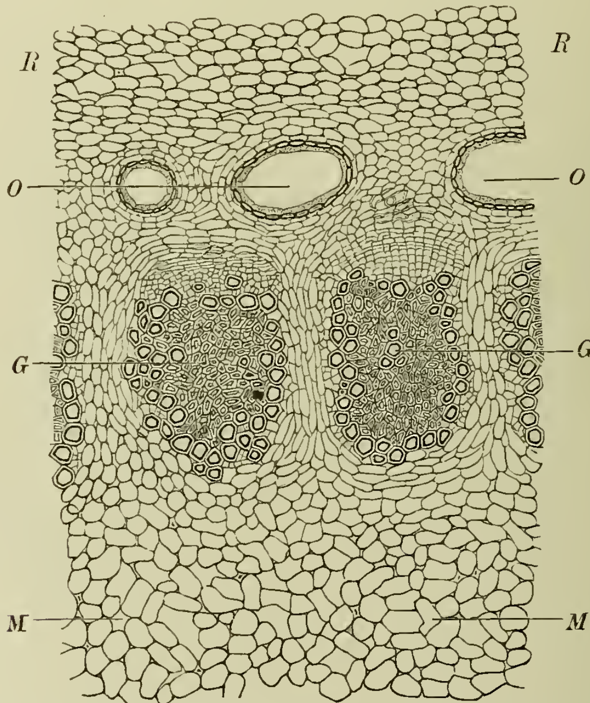
[1]) Das mechanische Princip im anatomischen Baue der Monocotylen. Leipzig 1874. Vergl. auch HABERLANDT, Anatomie, sowie d. Arbeiten von WEINZIERL, FRIEDR. HABERLANDT u. And.

[2]) Bastbündel von *Secale cereale* reissen erst bei einer Belastung von 15—20, solche der *Papyrusstaude* bei einer Belastung von 20 Kg. pro Quadratmillimeter.

nur nichts an ihrer praktischen Leistungsfähigkeit, sondern gewinnen sogar, denn bei den Textilfasern kommt es nicht auf grosse Elasticität, sondern auf möglichste Festigkeit, geringe Zerreissbarkeit und Dauerhaftigkeit an.

Bastzellen finden sich sowohl bei den Monocotylen, wie Dicotylen und Gymnospermen. Bei den Monocotylen bilden sie entweder isolirte Stränge oder liegen ein- oder beiderseits, als meist sichelförmige Belege, dem Gefässbündel an oder umgeben dasselbe ringsum (*Rhiz. galangae, Rhiz. zingiberis*, Stengel des *Mais*, Fig. 337). Bei den Dicotylen finden sie sich in der Rinde (*Linum* (Fig. 335), *Chinarinde* (Fig. 168, 329), *Daphne Mezereum, Tilia*, Fig. 301) oder als Belege der Gefässbündel der Blätter, besonders der collenchymfreien Blattoberseite (Blatt von *Melaleuca minor* (Fig. 367), *Fol. farfarae, lauri, aurantii, Sennae*, Fig. 366) oder Blüthenorgane (*Caryophylli*). Kaum einem Blatte und einer Rinde fehlen sie ganz. Aus dem Kreise der uns hier interessirenden Objecte fehlen sie der Rinde von *Berberis*

Fig. 338.



Querschnitt durch den Gefässbündelring des *Arnica-Rhizoms*. *G* Gefässbündel (mit centralem Libriform), *M* Mark, *O* Oelblätter, *R* Rinde (Tschirch).

und der *Rhiz. calami*. Auch Wurzeln besitzen sie oft in ihrer Rinde (*Rad. ratanhiae, glycyrrhizae*, Fig. 401), *althaeae*, Fig. 201).

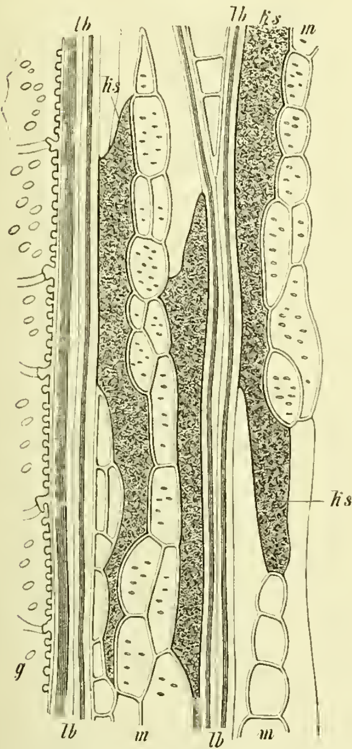
Von dem Fehlen oder Vorhandensein, der Länge, Breite und Mächtigkeit der Bastzellen und Bastzellbündel ist der Bruch der Rinden, Wurzeln etc. abhängig. Bastzellfreie Drogen brechen kurz und körnig (*Berberis*, *Angelica*wurzel), solche mit kurzen dicken Bastfasern kurzfaserig (*China*rinden), solche mit längeren Bastzellen langfaserig (*Althaea*wurzel) und endlich solche mit zahlreichen, sehr langen Bastzellen lassen sich überhaupt nicht quer brechen (*Cort. Mezerei*).

Die Bündelscheiden collateraler Gefässbündel umgeben entweder das ganze Bündel (Fig. 338, 413, 415) oder liegen als zwei Kappen (Bastsicheln, Belege) dem Siebtheil aussen und dem Holztheil innen

oder nur einem von beiden, und dann häufiger dem Siebtheil allein, an. Sie grenzen sich besonders gegen den Siebtheil scharf ab. Bisweilen schieben sie sich auch zwischen diesen ein und erzeugen so Siebtheilspaltungen (Phloëmspaltungen), bei denen dann die Siebbündel mitten in Bastzellgruppen verlaufen. Oft sind die Bastzellgruppen von so grosser Mächtigkeit, dass sie an Masse die Gefässbündel übertreffen (Fig. 407).

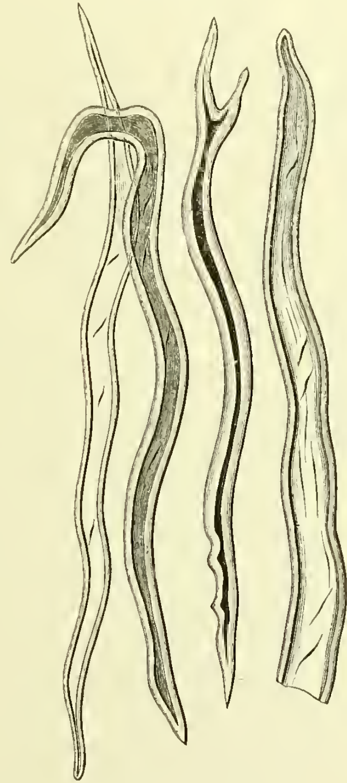
Bastzellen und Bastzellbelege finden sich auch in der Fruchtschale, sowohl im Endocarp *(Sternanis)*, als in dem Mesocarp *(Tamarindus, Conium, Cocos nucifera)*, als auch im Carpophor der Theilfrüchte der *Umbelliferen (Fruct. foeniculi)*, einzelne die Bündel begleitende Bastzellen in den *Caryophylli*, der *Pfeffer*-Fruchtschale (Fig. 55), der *Capsicum*-Fruchtschale, der

Fig. 339.



Tangentialer Längsschnitt durch das secundäre Holz der *Jurubebawurzel.* *m* Markstrahl, die Zellen mit ovalen Tüpfeln, *g* Gefäss, *ks* Kristallschläuche, *lb* Libriform (Tschirch).

Fig. 340.



Libriformfasern.

Fruchtschale von *Ceratonia Siliqua* (Fig. 128) u. a. Bei den Endocarpien sind die Bastzellen bisweilen so fest miteinander verzahnt, dass sie eine ausserordentlich feste Schicht bilden *(Tamarindus, Rhamnus)*.

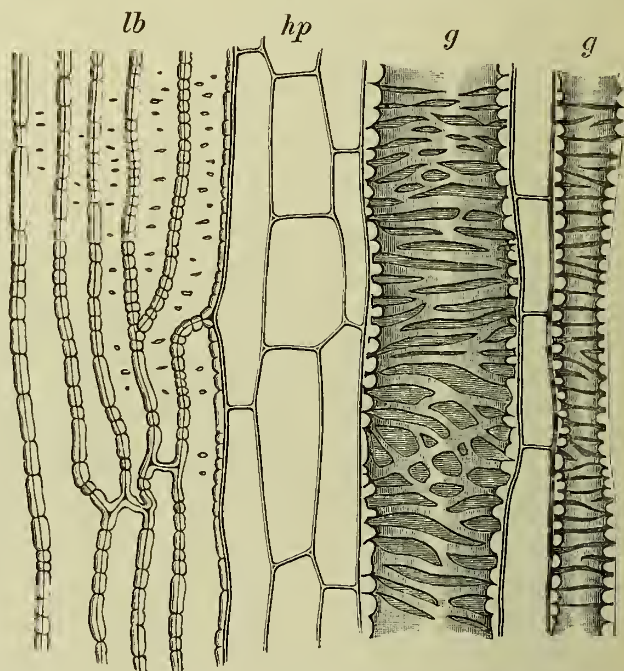
2. **Libriform** (Libriformfasern, Sclerenchymfasern des Holzes, Holzfasern) nennt man, nach Sanio's Vorgange, die „bastfaserähnlichen Zellen" im Holze der *Dicotylen*, wie überhaupt alle Bastzellen innerhalb des Verdickungsringes. Ein morphologischer oder physiologischer Unterschied zwischen den Bastzellen und den Libriformzellen besteht nicht, man kann die letzteren die Bastzellen des Holzes (Haberlandt) nennen. Bei den Ausläufern und Wurzeln der *Glycyrrhiza* stimmen die Bastzellen der Rinde und des Holzes z. B. in jeder Beziehung vollständig überein (vergl.

Fig. 401). Jedenfalls bildet das Libriform das mechanische System des Holzes. (Vergl. auch hinten das Capitel Holzkörper.)

Von den benachbarten Holzzellen (Tracheïden) unterscheiden sich die Libriformfasern hauptsächlich durch die, übrigens meist nur spärlich und oft nur auf den Radialwänden auftretenden, linksschiefen oder nahezu vertical gestellten *(Guajac)* Spaltentüpfel (Fig. 340), die bei jenen durch Hoftüpfel vertreten werden (s. oben S. 162). Ihre meist stark verdickten Membranen sind in der Regel verholzt (stärker als bei den Bastzellen). Häufig findet sich bei ihnen eine, meist unverholzte, weichere, „knorpelig gelatinöse" Innenhaut (Gallertschicht [de Bary], tertiäre Membran). Dieselbe ist die innerste Membranpartie und umgiebt das Lumen (Sanio). Sie ist hier oft ziemlich breit, aber ganz analog gebaut wie die Innenhaut der Bastzellen (s. oben S. 292).

Ihr Vorkommen [1]) ist ein unregelmässiges (Sanio).

Fig. 341.



Längsschnitt durch den Gefässtheil des Rhizoms von *Inula Helenium (Rad. helenii)*. *g* Gefässe mit Leiter- und Netzleistenverdickungen, *hb* Holzparenchym, *lp* Libriform mit Spaltentüpfel. Die Richtung der Tüpfel ist nicht ganz correct wiedergegeben (Tschirch).

Die prosenchymatischen Enden der Libriformfasern sind häufiger gegabelt (Fig. 340) als die der Bastzellen. Die Länge der Libriformfasern übertrifft die der benachbarten Tracheïden meist um das Vielfache (s. hinten unter Holzkörper). Bisweilen sind sie aber auch nur wenig länger und dann nur durch die Art der Tüpfelung und die ihnen fehlende spiralfaserige Wandverdickung von jenen zu unterscheiden. Sie werden selten so lang als Bastzellen, doch immerhin 0·3 bis 1·3 Mm. lang.[2]) Ihr Inhalt ist Luft und Wasser. Der Wandung liegt ein zartes Plasmahäutchen an.

Libriformfasern finden sich im Holzkörper zahlreicher Pflanzen. Bei *Lignum guajaci*[3]) besteht sogar die Hauptmasse des Holzkörpers aus Libriform, ebenso enthält *Lignum quassiae*[4]), *Fernambuci, Campechiani*[5]) sehr reichlich Libriform, ferner *Rad. senegae, Rhiz. imperator., Rhiz. arnicae* (Fig. 338), *Rad. ononidis, Althaeae, Pimpinellae, Glycyrrhizae, Rhiz. enulae* (Fig. 341). Bei *Lign. quass. surinam.* sind die Libriformfasern 10 bis 15 Mik., bei *Lign. guajac.* circa 15 Mik. breit.

[1]) Ueber dasselbe vergl. Sanio, Bot. Zeit. 1863; Pringsh. Jahrb. IX, 1873 und de Bary, Anatomie, S. 497.

[2]) Ihre Länge beträgt (nach Sanio) bei *Quercus pedunculata* 0·8, bei *Tilia parvifolia* 0·46, bei *Prunus laurocerasus* 1·26 Mm.

[3]) Berg, Atlas, Taf. XXVII, B, C, D (als pr bezeichnet).

[4]) Ebenda. Taf. XXVI.

[5]) Ebenda. Taf. XXVIII.

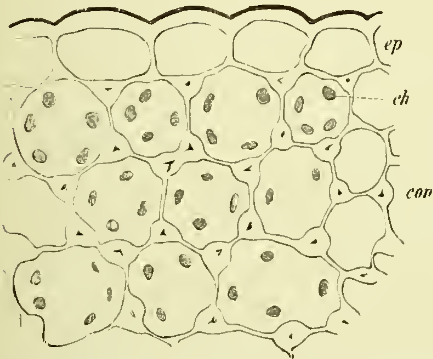
Bei krautigen dicotylischen Pflanzen sind die in einen Kreis gestellten Gefässbündel oft einem interfasciculären Libriformringe eingebettet *(Dorema, Ferula* [Fig. 407], *Conium).*

Bei *Rad. liquiritiae* und *Rad. althaeae* sind die Bastzellen der Rinde den Libriformzellen des Holzkörpers vollständig gleichgebildet und bei der *Sarsaparille* kann man ebensogut von einem Bastzellpanzer wie von Libriform reden. Der Begriff Libriform ist also ein nur topographischer (siehe Holzkörper).

Die Bastzellen und die Libriformfasern dienen zur Herstellung der nöthigen Festigkeit ausgewachsener Pflanzenorgane.

Mit den wasserleitenden Gefässen und Tracheïden sind die Libriformzellen durch Uebergangsglieder verbunden. Die Libriformzellen mit Hoftüpfeln und spaltenförmigem Canal und die Libriformzellen mit grossen Hoftüpfeln mit und ohne spiralfaserige Wandverdickung (Fasertracheïden, Hydrostereïden) leiten zu den dickwandigen Tracheïden hinüber. Auch zwischen dem Libriform und dem Reservestoffe speichernden Holzparenchym gibt es Uebergangsglieder. Die Libriformfasern mit plasmatischem Inhalt und die meist stärkeführenden „gefächerten Faserzellen" (Libriform, welches durch zahlreiche horizontale Querwände gefächert ist) leiten zu den stärkeführenden „Ersatzfasern" (s. S. 400) und diese zu dem typischen Holzparenchym (s. S. 400) hinüber. [1])

Fig. 342.



Collenchymzellen aus dem Stengel einer Umbellifere. *ep* Epidermis, *con* Collenchym, *ch* Chlorophyllkörner (Tschirch).

3. **Das Collenchym** [2]) ist das mechanische System junger streckungsfähiger Organe (Ambronn), es muss daher aus gleichfalls noch wachsthums- und streckungsfähigen, also lebenden Zellen bestehen. Bastzellen und Libriform sind todte Gewebe, können sich also nicht weiter strecken, sind demnach als mechanische Zellen wachsender Organe nicht zu brauchen.

Die Collenchymzellen [3]) sind dadurch ausgezeichnet, dass sie niemals eine ringsum gleichmässig verdickte Wand besitzen, sondern dass bei ihnen die Verdickung, die, ihrer mechanischen Function entsprechend, eine oft sehr erhebliche ist, auf die Ecken, entweder ausschliesslich oder doch vorwiegend beschränkt ist (Fig. 342). Sie besitzen also neben stark verdickten auch mehr oder weniger breite unverdickte Membranpartien, durch welche der Saftaustausch ermöglicht wird. Die Collenchymzellen sind wachsthumsfähig und theilungsfähig und stehen im lückenlosen Verbande, wenigstens sind Intercellularen selten und, wo vorhanden, meist nur spaltenförmig,

---

[1]) Vergl. die Tabellen bei Haberlandt (Anatomie, S. 358 u. 359) und weiter hinten unter „Holzkörper", S. 401; auch de Bary (Anatomie, S. 499).

[2]) Von κόλλα Leim und ἔγχυμα, wegen der angeblich „leimartigen" Beschaffenheit der Zellwände. Dieselben sind aber gar nicht leimartig, ja nicht einmal besonders quellungsfähig (Ambronn). — Der Ausdruck wurde von Link (Grundlehren der Kräuterkunde, II, S. 199) für die gallertigen Wandungen der Pollenmutterzellen eingeführt. Schleiden übertrug ihn auf ähnlich verdickte Zellen der *Cacteen*-Stämme (Anatomie der *Cacteen*, S. 14). Jetzt wird er allgemein für die im Folgenden charakterisirten Zellen angewendet.

[3]) Ambronn, Ueber die Entwicklungsgeschichte und die mechanischen Eigenschaften des Collenchyms. Pringsh. Jahrb. XII, 1881, mit 6 Tafeln.

selten weiter. Ihre Wand besteht stets aus reiner, wenig quellbarer Cellulose, besitzt daher einen bläulichen Glanz, wie wenig lichtbrechende Substanzen und ist an den dünneren Membranpartien — nicht an den Ecken — mit meist spaltenförmigen, longitudinal gestellten Tüpfeln versehen. Ihre Länge ist oft eine beträchtliche (bis 2 Mm.), bisweilen sind sie gefächert. Ihre Enden sind prosenchymatisch zugespitzt.[1]) Ihr Inhalt ist Zellsaft, Plasma, ja sogar Chlorophyll (Fig. 342) und Stärke.

Collenchymzellen finden sich vorwiegend in noch wachsenden Organen, also besonders in den Stengeln der krautigen dicotyledonischen Pflanzen. Den *Monocotylen* fehlen sie. Sie liegen bei jenen, der mechanischen Function entsprechend, die sie zu erfüllen haben, subepidermal, in der Peripherie derselben, also der Rinde, meist zu Gruppen (Bündeln) vereinigt (Fig. 407, 446), bei kantigen Stengeln *(Salvia officinalis, Conium maculatum)* vorwiegend in den Kanten, nicht in den Furchen, bei runden *(Levisticum offic., Malva)* in einen peripherischen Kreis geordnet.

Auch die Blattstiele und die Blattrippen, besonders der vorspringende Theil der Mittelrippe der *Dicotylen*-Blätter führen meist ein Collenchymbündel *(Fol. lauri, Fol. menthae pip.* (Fig. 358), *Fol. sennae* (Unterseite, Fig. 366), ebenso die Rinde jüngerer dicotyledonischer Holzpflanzen *(Quercus, Syringa)*.

Collenchym findet sich auch in den Blüthenstielen von *Malva Alcea*, den Inflorescenzaxen von *Hagenia abyssinica* (Kusso). *Tilia, Sambucus,* den Blattstielen von *Conium, Tussilago Farfara,* der Fruchtschale von *Capsicum annuum, Rhamnus cathartica*, der Testa von *Sinapis alba*, den Knöllchen von *Lupinus* u. a.

Die mechanische Leistungsfähigkeit des Collenchyms hat Ambronn untersucht. Er fand. dass seine absolute Festigkeit derjenigen des echten Bastes nur wenig nachsteht [2]). dass es aber eine viel niedrigere Elasticitätsgrenze besitzt — eine verhältnissmässig geringe Belastung führt also zu einer bleibenden Verlängerung. Diese Eigenschaften befähigen das Collenchym, als mechanisches System zu fungiren. ohne dem Längenwachsthum hinderlich zu sein.

Einen wohl allein stehenden Fall einer Verbindung von Collenchym und Bastzellen zu einem Bündel finden wir bei den *Matico*-Blattstielen. Hier liegt jeder Bastzellgruppe der Rinde eine Collenchymgruppe aussen unmittelbar an.

Da das Collenchym einen bei verschiedenen Pflanzen sehr übereinstimmenden Bau zeigt, ist es diagnostisch wenig verwerthbar. Da es jedoch den *Monocotylen* fehlt, so ist sein Vorkommen auch für die angewandte Pflanzenanatomie nicht ganz ohne diagnostische Bedeutung.

4. **Sclereïden** [3]) (Steinzellen, Steinelemente, Sclerenchym [4]), kurze Sclerenchymelemente. besondere Formen: Stabzellen, Spindelfasern. Ophiurenzellen, Knochen- und Strebezellen). Unter diesen Namen werden alle die mechanischen Elemente zusammengefasst, die sich von den Bastzellen dadurch unterscheiden, dass sie meist sehr viel kürzer sind wie diese und — wenigstens der Regel nach — nicht in eine kegelförmige Spitze aus-

---

[1]) Es gibt auch parenchymatisches Collenchym; dasselbe ist durch nachträgliche Verdickung von Parenchymzellen entstanden und gehört nicht zum mechanischen System.

[2]) 10—12 Kg. pro Quadratmillimeter. *Laminarien*-Stiele reissen schon bei einer Belastung von 1 Kg. pro Quadratmillimeter (Reinke).

[3]) Dieser von mir (Beiträge zur Kenntniss des mechanischen Gewebesystems der Pflanzen. Pringsh. Jahrb. XVI, S. 303) eingeführte, von Sclerenchym abgeleitete Ausdruck ist dem Worte Stereïde nachgebildet.

[4]) Von σκληρός hart und ἔγχυμα Gewebe. Der Name wurde von Mettenius (Abhandl. d. sächs. Ges. d. Wissensch. IX, S. 432) eingeführt. Früher wurden unter Sclerenchym auch die Bastfasern begriffen (de Bary), die hier davon getrennt werden mögen, so dass der Name nur für die Steinzellen im weitesten Sinne reservirt bleibt.

laufen, sondern stumpf endigen. Ihre Wand ist mehr oder weniger, oft sehr erheblich verdickt, deutlich geschichtet (Fig. 345, 346), stark verholzt und stets von rundlichen oder ovalen nicht spaltenförmigen Tüpfeln durchzogen, die bei den stärker verdickten Formen zahlreiche, oft reich verzweigte Porencanäle erkennen lassen (Fig. 345). Auch die Farbe und das Lichtbrechungsvermögen der Wand weicht von dem der Bastzellwände ab. Sie besitzt oft einen gelblichen Farbenton (wie die der Holzzellen) und erscheint stärker lichtbrechend wie die Wand der Bastzellen, was wohl mit der oft sehr erheblichen Verholzung zusammenhängt. Von den Schichten tritt oft eine oder die andere schärfer hervor, so dass man den Eindruck einer „Schalenbildung" empfängt. Die typische Sclereïde oder Steinzelle ist nahezu isodiametrisch oder stabförmig. Eine bei den Sclereïden sehr häufig zu beobachtende Erscheinung ist die, dass ihre Wand nur einseitig verdickt ist und eine oder drei Seiten geringe oder gar keine Verdickung zeigen. Einseitig nur auf der Innenseite verdickt oder auf drei Seiten verdickt und nur aussen unverdickt sind die Sclereïden der *Cacao*-Samenschale (Fig. 202 *st*), der *Cardamomen*samenschale (Fig. 147), sowie die meisten Stegmata (s. unten) u. and.; auf der Innenseite und dem Hauptheile der Seitenwände verdickt sind die der Samenschale von *Sinapis nigra* (Fig. 194). Der Inhalt der Sclereïden besteht aus einer zarten Plasmamembran, Zellsaft oder Luft. Nicht selten finden sich auch rothbraune oder braunschwarze Massen, das ganze Lumen erfüllend, darin vor (*Pfeffer*-Fruchtschale (Fig. 55), *Tamarindus*-Fruchtschale, *Sternanis*-endocarp, *Cort. chinae*, *Piment*-Fruchtschale) oder Kristalle (*Cort. chinae, Rad. colomb.*) oder Stärke (*Cort. cinnamom.*).

Fig. 343.



Samenhaut des Kaffee in Flächenansicht mit zahlreichen knorrigen Sclereïden (Möller).

Bei den Endocarpien und Samen sind die Sclereïden oft fest miteinander verzahnt (*Sternanis*).

Ihrer Gestalt nach kann man folgende Formen unterscheiden [1]):

1. Brachysclereïden, oder kurz Bracheïden, kurzes Steinsclerenchym de Bary's, Steinzellen, kurze, nahezu isodiametrische oder doch wenig gestreckte Zellen von dem Umrisse parenchymatischer Elemente, meist stark verdickt (*Piperfrucht*, *Cacaofrucht*, *Piment* (Fig. 345), Rinden zahlreicher Dicotylen (*Cort. quercus*, *Cort. cinnamomi* (Fig. 309).

2. Macrosclereïden, Stabzellen, in einer Richtung gestreckte, stabförmige Steinzellen, ohne spitze Enden (*Cort. chin. cupreae* (Fig. 347),

[1]) Vergl. meinen oben (S. 300) angeführten Aufsatz.

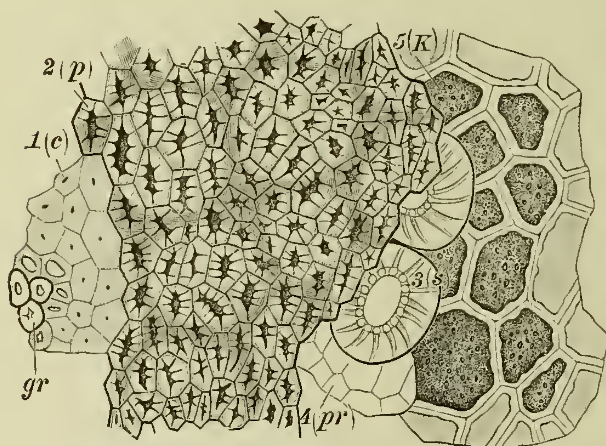
Palissadenzellen der Samenschalen, besonders der Leguminosen, z. B. *Trigonella* (Fig. 192 *p*), *Phaseolus, Pisum* (Fig. 352), *Physostigma* (Fig. 350 *p*), *Abrus* (Fig. 351 *sc*), Hauptschicht der Samenschale der *Muscatnuss* [1]), *Ricinus-, Croton-, Tamarinden , Sternanissamen),* oder mit kegelförmiger Spitze (Spicularzellen der *Welwitschien*, Sclerenchymfasern der *Cocosnussfruchtschale*), oder von knorriger Form (Innenschicht der *Muscatnussschale*).

Die Palissaden der Samenschale sind bei *Myristica* 15 bis 19 Mik. breit und 850—950 Mik. lang, bei *Tamarindus* 8—11 Mik. breit und 190 Mik. lang, bei *Trigonella Faenum Graec.* 13—22 Mik. breit und 65—75 Mik. lang, beim *Sternanis* 145—175 Mik., bei *Croton* circa 250 Mik. lang.

3. Osteosclereïden, Knochenzellen, an den beiden Enden knochenförmig erweitert (Blatt des Thee, Fig. 348), Trägerzellen, I-Zellen, T-Zellen der inneren Schichten zahlreicher Samenschalen *(Sem. faen. graec.* (Fig. 192 u. 344 *s*), *Calabar* (Fig. 350 *t*). *Abrus precatorius* (Fig. 351 *tz*), *Canavalliabohne).*

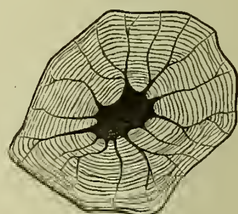
4. Astrosclereïden, Ophiurenzellen (Bengt Jönsson's), vielarmiges Steinsclerenchym de Bary's, sternförmige Bildungen, deren Arme meist eine kegelförmige Spitze besitzen *(Fol. theae* (Fig. 348), *Camelienblatt, Proteaceenblätter* [2]), Blatt von *Dammara*, *Araucarien-*, *Tannen-* und *Lärchenrinde* u. and. [3])

Fig. 344.



Flächenschnitt durch die Samenschale von *Trigonella Faenum graecum* (Bezeichnung wie in Fig. 192) (Tschirch).

Fig. 345.



Sclereïde aus dem Piment mit schöner Schichtung und verzweigten Porencanälen (Tschirch).

Auch die sogenannten inneren Sternhaare der *Nymphaeaceen* und *Aroïdeen* kann man hierher rechnen, sowie die barok verzweigten der *Nelkenstiele*, der Stiele des *Sternanis* (Fig. 349 *st*, Fig. 353 *a*) und der *Chinarinde* von Truxillo (Vogl).

Die Form der Sclereïden ist von grosser diagnostischer Bedeutung.

Auch die Stegmata [4]) (Deckplättchen, Deckzellen) gehören zu den Sclereïden. Dieselben sind bei den Monocotylen häufig (Rosanoff). Sie treten stets an der Aussenseite von Bastzellsträngen, diese in Längsreihen begleitend, auf. Sie besitzen die Form planconvexer, meist rechteckiger Täfelchen, sind an den verschiedenen Seiten ungleich stark, meist gegen den Faserstrang hin stärker, oft höckerig verdickt und besitzen in der Regel eine partiell verkieselte Wand, bleiben daher bei Veraschung mehr

---

[1]) Berg, Atlas, Taf. 48 J. K.

[2]) Mohl, Verm. Schriften. Taf. VII.

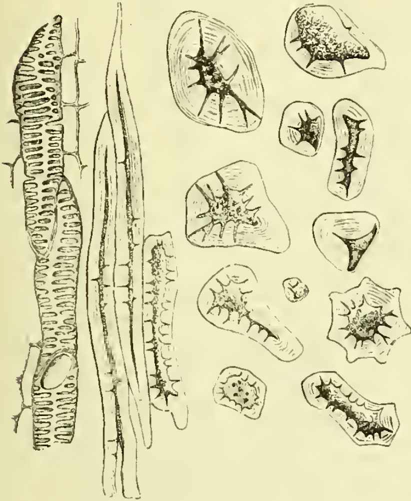
[3]) Vergl. auch Buch, Die Sclerenchymzellen. Dissertat. Breslau 1872.

[4]) Von στέγη, στέγα Decke, von Mettenius (*Hymenophylleen,* S. 418), der sie auffand, eingeführter Name.

oder weniger intact zurück. Sie finden sich in den Stengeln, Blättern und Wurzeln von *Orchideen*, *Palmen (Chamaerops, Phoenix)* und den Blättern der *Scitamineen (Maranta)* und dienen z. B. bei der Diagnose des *Manilahanfes* (von *Musa textilis*) und der *Coirfaser* (von *Cocos nucifera*) als „Leiter". [1])

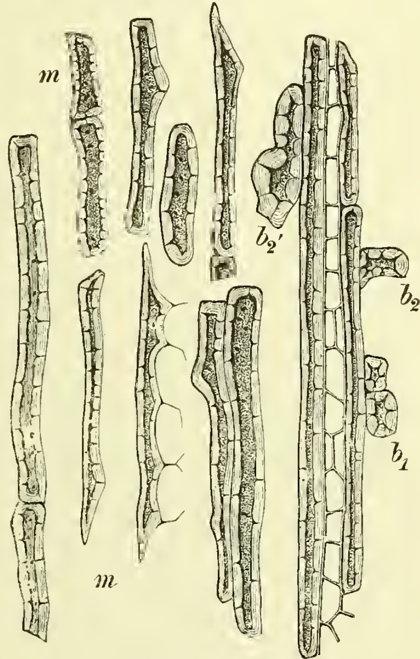
Sclereïden finden sich besonders in den Rinden der dicotylen Holzpflanzen. Sie fehlen den jüngeren Entwicklungsstadien, in den älteren treten sie oft in solch colossaler Masse — in Folge nachträglicher Sclerose von Parenchymzellen — auf, dass sie quantitativ die Hauptmasse der Rinde ausmachen. Sie bilden alsdann meist Nester, die sich leicht herauslösen *(Cort. condurango, Benzoërinde*, Rinde von *Fagus*, *Quassia surinamensis*, *Erythrophloeumrinde)*, weshalb solche ältere Rinden zu bröckeln pflegen (vergl. auch das Capitel Rinde). Selbst im Kork treten sie hier auf; die braunen

Fig. 346.



Gewebselemente der Nelkenstiele, Gefässe, Bastfasern und Bracheïden (Steinzellen) (Möller).

Fig. 347.



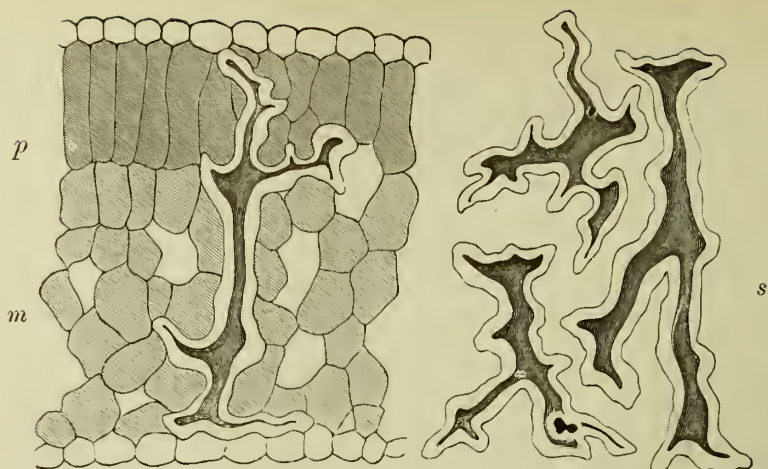
Mit Schulze'scher Maceration isolirte Sclereïden der *China cuprea*. *m* Makrosclereïden, b_1 b_2 b_2' Brachysclereïden. Vergr. 140 (Tschirch).

bröcklichen Stellen im Flaschenkorke von *Quercus Suber* bestehen z. Th. aus Bracheïden. Den Succulenten (d. h. den fleischigen Pflanzen), sowie den Cryptogamen fehlen Sclereïden stets, bei den Monocotylen sind sie sehr selten. Am verbreitetsten sind sie in den Frucht- und Samenschalen. Hier kommen sie in einer bis in's Unendliche gehenden Mannigfaltigkeit vor, sowohl als Epidermalgebilde wie in den tieferen Schichten der Schale als Brachy-, Makro- und Osteosclereïden (Hartschichte der Samen). Auch im Fruchtfleische sind sie nicht selten. Die eigenthümlichen harten Kerne (Steinkörperchen) der *Birnen* und anderer *Pomaceen*, die man als Reste einer bei den Stammeltern an dieser Stelle vorhandenen Steinschale betrachten muss [2]), sind Steinzellennester, ebenso die harten Körnchen in einigen fleischigen Wurzelknollen *(Dahlia, Paeonia)*. Auch in den Blättern von *Melaleuca* (Fig. 367) und dem Fruchtfleische von *Juniperus* finden sich isolirte Sclereïden. Ueberhaupt neigt keine Zellenform so sehr zu idioblastenartigem Auftreten wie die Sclereïden.

---

[1]) Vergl. v. Höhnel, Faserstoffe, Fig. 24 und 27.
[2]) Potonié, Kosmos. Bd. VIII, S. 33.

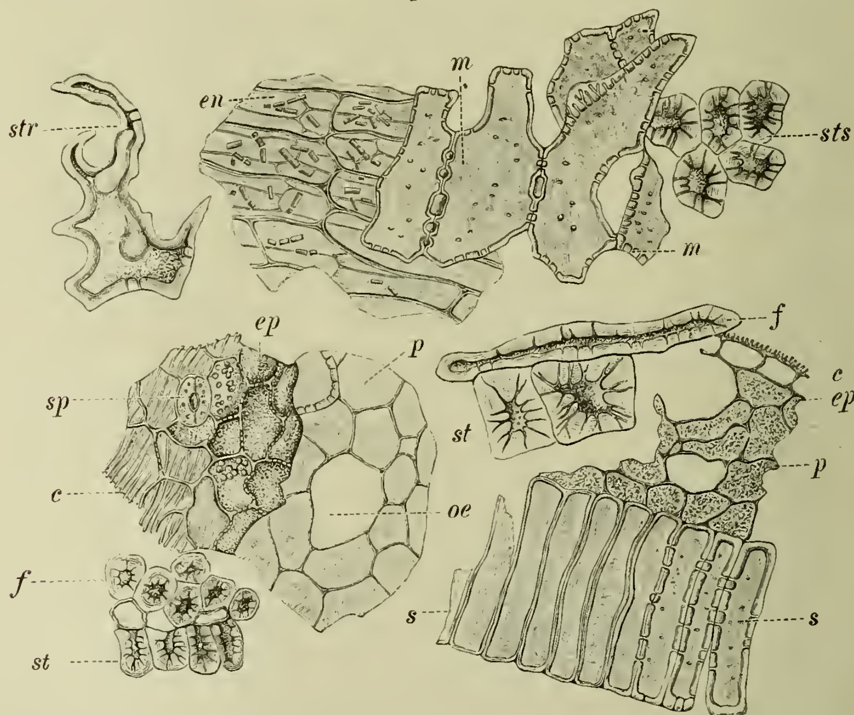
Fig. 348.



Querschnitt durch ein Blatt von *Thea nigra*. *p* Palissadengewebe, *m* Blattmerenchym, *s* isolirte verzweigte (Astro-)Sclereïden (Tschirch).

Die Sclereïden dienen meist localmechanischen Zwecken, doch ist in zahlreichen Fällen, so namentlich dort, wo sie isolirt und mitten im

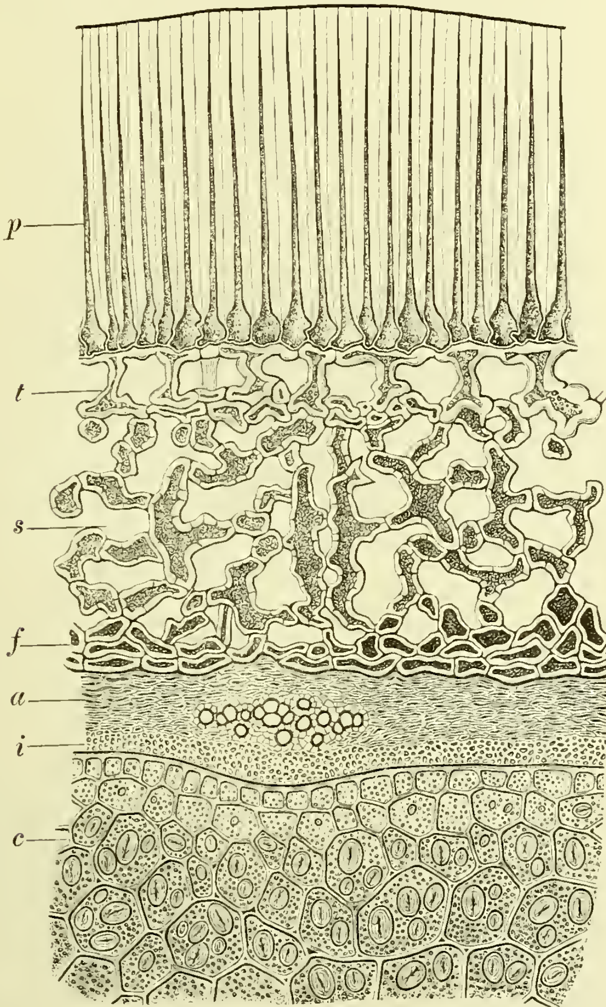
Fig. 349.



Elemente des Sternanis. *str* eine Astrosclereïde aus dem Rindenparenchym des Fruchtstieles; *en* innere farblose Membran der Samenschale, aus zwei Zellenlagen bestehend, mit Oxalatprismen bedeckt; *m* braune Sclereïden der Samenschale; *sts* Fragment der spröden Samenschale in der Flächenansicht; *ep* Oberhaut der Carpelle, links in der Flächenansicht, rechts Durchschnitt; *c* die Cuticula; *sp* Spaltöffnung; *p* Parenchym der Carpelle mit Oelzellen *oe*; *st* Steinzellenschicht der klaffenden Oberfläche der Carpelle; *f* die Faserschicht darunter, links unten im Querschnitt, rechts im Längsschnitt; *s* die Palissadenschicht der Fruchthöhlenwand. Vergr. 120 (Möller).

Parenchym liegen, ihre Bedeutung noch nicht ergründet, dies gilt besonders für die älteren dicotylen Rinden. Im gemischten Ringe jüngerer Dicotylenrinden (siehe hinten unter Rinde) dienen die Bracheïden als Sclereïdenverbände[1]), bei *Thea*, *Hakea*, die Osteosclereïden als Constructionen gegen radialen Druck, und in den Samenschalen, wo die Sclereïden die grösste Formenmannigfaltigkeit zeigen, bilden sie ein vollständiges System verschiedenster Festigungseinrichtungen („H a r t s c h i c h t e" der Samenschalen),

Fig. 350.



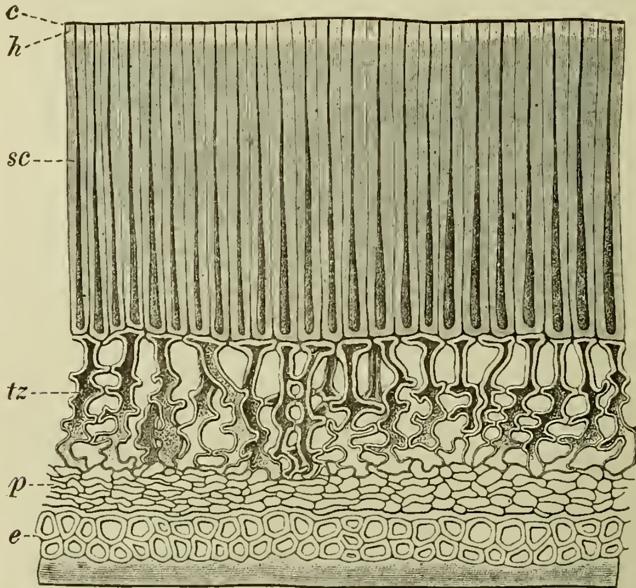
Querschnitt durch die Randpartie des *Calabarsamens (Physostigma venenosum)*; *p* Palissadensclerenchym (Macrosclereïden), *t* Trägerzellen, *s* Pigmentschicht, *f* Querschicht, *a* äussere und *i* innere Samenhaut (Nährgewebe), *c* Cotyledon (T s c h i r c h).

welches ermöglicht, dass die Umhüllungen der Reservestoffbehälter in ausreichender Weise den beim Austrocknen der Samen und dem Druck und Schub der drückenden, biegenden und schiebenden umgebenden Endmassen auf sie wirkenden Kräften wirkungsvoll begegnen können. Auch als Schutzmittel der Samen gegen Verletzung durch Thiere und das Eindringen von Pilzen sind die Sclereïdenpanzer der Samenschale von Bedeutung.

[1]) Pringsheim's Jahrb. XVI, S. 313.

Zu dem mechanischen System ist in gewisser Beziehung auch die Schutzscheide (Endodermis. Kernscheide) zu rechnen. Da dieselbe jedoch in erster Linie der Einengung der Leitungsbahnen der Bündel dient, so soll sie bei dem Leitungsgewebe abgehandelt werden.

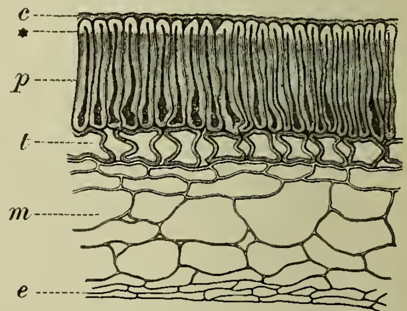
Fig. 351.



Querschnitt durch die Samenschale von *Abrus precatorius* (Jequirity). *sc* Makrosclereïden, *tz* Osteosclereïden und Astrosclereïden (Tschirch).

Die Principien, nach denen die mechanischen Elemente in der Pflanze angeordnet sind, um bei möglichst geringem Materialaufwande die erforderliche Festigkeit herzustellen, sind dieselben, die die Ingenieure ihren Constructionen zu Grunde legen. Die grosse Mannigfaltigkeit im Einzelnen darzulegen ist hier nicht der Ort.[1]) Nur soviel sei erwähnt, dass bei runden biegungsfesten Organen (z. B. Stengeln) die mechanischen Elemente vorwiegend in der Peripherie, also subepidermal (Roggenhalm) oder in der Rinde (Leinstengel), bei runden zugfesten Organen (z. B. Wurzeln) im Centrum dicht neben einander angeordnet sind (centraler Libriformcylinder von *Rad. arnicae* und *Serpentariae*). Bei bilateralen biegungsfesten Organen (z. B. den Blättern) bilden die mechanischen Elemente meist I-Träger und umgeben beiderseitig die Gefässbündel wie die „Gurtungen" eines Trägers, während das Bündel die „Füllung" des letzteren bildet. Säulenfeste Organe (wie Stützwurzeln)

Fig. 352.

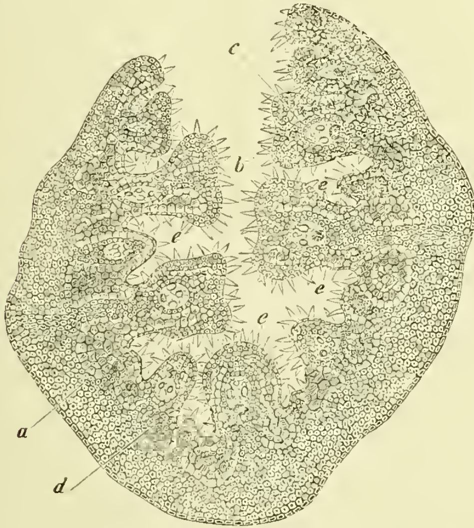


Querschnitt durch die Samenschale der *Erbse (Pisum sativum)*. *p* Palissadenzellen mit der Cuticula *c* und der Lichtlinie bei *, *t* Trägerzellen, *m* Schwammparenchym. Vergr. 160 (J. Möller).

[1]) Vergl. Schwendener, Mechan. Princip, und Haberlandt, Anatomie, wo die Verhältnisse ausführlich besprochen werden.

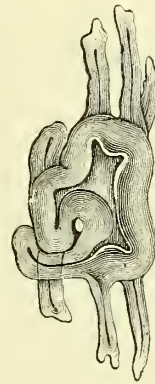
sind wie biegungsfeste gebaut, Organe, die einen radialen Druck aushalten müssen, besitzen einen peripherischen, continuirlichen Cylinder mechanischer Elemente. Die beim Flattern im Winde stets an ihren Rändern scheerenden Kräften ausgesetzten Blätter sind dort schubfest gebaut, zeigen also vorwiegend am Rande eine Anhäufung mechanischer Elemente, so dass ein Zerreissen unter normalen Verhältnissen unmöglich gemacht ist. Bei den Samenschalen findet sich eine Inanspruchnahme auf Biegungs-, Zug-, Schub- und Druckfestigkeit, dementsprechend sind hier die Constructionen am mannigfaltigsten. Da die Samenschalen vornehmlich druckfest gebaut sein müssen, so walten Constructionen auf radialen Druck,

Fig. 353.



Querschnitt durch ein einrollbares Blatt des *Alfagrases* oder *Esparto* (*Macrochloa tenacissima*). *a* Bastzellpanzer der Aussen- (Unter-) Seite, *d* Assimilationsgewebe, *c* Prismen der Oberseite, *b* Haare (Tschirch).

Fig. 353 a.



Aestige Sclereïde aus dem Fruchtstiele des *Sternanis* (*Illicium anisatum*) (Vogl).

also peripherische, geschlossene Sclereïdencylinder vor. Endlich dienen auch mechanische Zellen als Vermittler von Bewegungserscheinungen, so bei dem Einrollen einiger Grasblätter (Tschirch [1]), Firtsch) und den, der Verbreitung der Früchte dienenden, Torsionen der Grannen vieler *Gramineen*, besonders *Avena* und der Theilfruchtschwänze der *Geraniaceen* (F. Darwin, Zimmermann [2]), Hildebrand, Steinbrinck). Bei den kleinasiatischen Gallen bilden (in der „Hartschichte") Sclereïden ein festes Gehäuse um den centralen Hohlraum. Endlich sei auch noch erwähnt, dass ausser den specifisch mechanischen Elementen (Bastzellen, Libriform, Collenchym, Sclereïden) auch alle anderen dickwandigen Elemente, z. B. die Tracheïden, neben ihren anderen Functionen auch mechanische übernehmen können.

---

[1]) Beiträge z. Anatomie u. d. Einrollungsmechanismus einiger Grasblätter. Pringsh. Jahrb. XIII.

[2]) Ebenda. Bd. XII (1882).

Das Absorptionssystem.

Die Ernährung der höheren Pflanzen zerfällt in zwei von einander bis zu einem gewissen Grade unabhängige Processe: Die Aufnahme des Kohlenstoffes (in Form von Kohlensäure) aus der Luft durch die Blätter und die Aufnahme der unorganischen Substanzen, des Stickstoffes und des Wassers [1]) durch die Wurzeln. Im weitesten Sinne müsste man also sowohl die der Absorption dienenden Einrichtungen des Blattes wie die der unterirdischen Organe zu dem Absorptionssystem rechnen. Aus äusseren Gründen sollen nur die letzteren an dieser Stelle, und erstere beim Assimilationssystem behandelt werden. Zum Schluss werden die Saugapparate der Samen und die Haustorien besprochen werden.

Bei den einfachsten Pflanzen (z. B. den Algen) ist die ganze Oberfläche Aufnahmsorgan und ein besonderes Absorptionssystem noch nicht entwickelt.

Bei den höheren Pilzen wird alsdann der gesammte vegetative, entweder (bei den saprophytischen [2]) Pilzen) im Boden und abgestorbenen Pflanzentheilen oder (bei den parasitischen) im Innern lebender Pflanzenorgane wuchernde Theil der Pflanze zum Aufnahmsorgan. Aber schon bei Flechten, Moosen und Farnen werden besondere, der Aufnahme dienende Organe, die Rhizoïden, freilich zunächst noch an nicht different ausgebildeten Wurzelorganen, entwickelt, die im Principe auch bei den höheren Pflanzen, als Wurzelhaare, beibehalten werden. Dieselben bilden hier aber nur einen Theil, allerdings den wichtigsten, der Wurzel. Sie werden aber dadurch, dass sie einem fortwachsenden, die Bodenschichten mannigfach durchstreichenden Organe, eingefügt sind, in viel ausgiebigerem Maasse Stoffe zu absorbiren befähigt, als wie die Rhizoïden und stellen demgemäss die vollkommenste Form eines Absorptionsgewebes dar.

Fig. 354.



Wurzel einer jungen Weizenpflanze *(Triticum vulgare)* mit Wurzelhaarhöschen und daransitzenden Bodentheilen.

Bei dem Absorptionssystem wird, um eine möglichst g r o s s e Stoffaufnahme zu erreichen, ausser der selbstverständlichen peripherischen Lage, das Princip thunlichster Oberflächenvergrösserung zum Ausdrucke gelangen, und die Elemente werden, um eine möglichst l e i c h t e Stoffaufnahme zu erzielen, dünnwandig und mit der Fähigkeit, auch schwer lösliche Stoffe durch Ausscheidung lösender Agentien, löslich zu machen, ausgerüstet sein. Denn nur Lösungen vermag die Pflanze aufzunehmen.

---

[1]) Blätter höherer Pflanzen nehmen an ihrer Oberfläche Wasser nur in geringem Maasse auf. Wasserdampf wird aus der Atmosphäre von einigen Luftwurzeln *(Orchideen, Aroideen)* absorbirt.

[2]) σαπρός in Fäulniss übergehend, der Koth.

Wurzelhaare pflegen nur an Pflanzen zu entstehen, die im Boden leben. Bei den Sumpf- und Wasserpflanzen, denen die gelösten Nährstoffe in unbegrenzter Menge auf's leichteste zur Verfügung gestellt sind, ist die Wurzelepidermis selbst Aufnahmsorgan und es fehlen die Wurzelhaare. Anders bei den Landpflanzen. Hier ist eine Oberflächenvergrösserung durch Wurzelhaarbildung erforderlich und tritt nahezu ausnahmslos ein. Wie gross diese Oberflächenvergrösserung ist, zeigen Berechnungen von SCHWARZ.[1]) So wird z. B. bei der *Erbse* die aufnehmende Fläche durch Wurzelhaare auf das zwölffache vergrössert und je zahlreicher die Haare sind[2]), um so höher werden die Werthe steigen.

Sehr wesentlich für die Ausbeutung des Bodens ist es, dass die Wurzelhaare meist nur an einer kurzen Strecke, unmittelbar (0·1—3 Mm.) hinter der wachsenden Spitze auftreten (Fig. 354) und in dem Maasse wie die Wurzel weiter wächst und die hinteren Wurzelhaare absterben, vorn neue Haare entstehen.[3]) So werden nach einander alle Schichten des Bodens, die die Wurzel durchstreicht, successive für die Pflanze ausgenutzt. Doch gibt es auch einige Fälle (z. B. *Sarsaparillewurzel*), wo Wurzelhaare über die ganze Wurzel vertheilt und nicht auf eine bestimmte Zone beschränkt sind. Dort, wo die Wurzelhaare der Epidermis abgestossen sind, übernimmt die zunächst unter der Epidermis liegende Zellreihe Epidermisfunction und pflegt zu verkorken.

Fig. 355.



Wurzelhaar mit ansitzenden Bodentheilchen (Kienitz-Gerloff).

Alle Wurzelhaare sind Ausstülpungen von Epidermiszellen, also echte Trichome, doch stülpt sich hier im Gegensatz zu den Trichomen der oberirdischen Organe nur ein Theil, und zwar meist nur ein kleiner der Aussenwand der Epidermiszellen zum Haar aus.

Wandbildung, die eine schnelle Fortleitung der aufgenommenen Stoffe hindern würde, ist in Wurzelhaaren sehr selten.

Bemerkenswerth ist es, dass die Wurzelhaare, die eine Länge von 0·1 bis 8 Mm. erreichen können (bei einer Wanddicke von 0·6—1 Mik.), sobald sie auf Bodentheilchen stossen, diese mehr oder weniger umwachsen (Fig. 355), sich schleimig an der Spitze verdicken und so sich fest an das Bodentheilchen ansaugen, was natürlich die Aufnahme sehr erleichtert. Dazu kommt, dass alsdann das Wurzelhaar Stoffe ausscheidet, die lösend auf die Bodenpartikel wirken.

Für gewöhnlich finden sich Wurzelhaare nur an den oben charakterisirten Theilen echter Wurzeln, sie finden sich aber auch an unterirdischen Stengelorganen (*Pteris aquilina*, *Corallorhiza*, *Epipogon*, Ausläufer von *Glycyrrhiza* — dort aber klein bleibend [Fig. 316 *tr*]) — ja selbst an Stengelknollen (*Equisetum arvense*).

---

[1]) Die Wurzelhaare der Pflanzen. Unters. d. bot. Instituts in Würzburg. I, 2. Heft (Habilitationsschrift).

[2]) Bei der *Erbse* sind oft 232 Haare auf einem Quadratmillimeter Flächenraum zu finden.

[3]) Es entstehen dadurch die kurzen „Wurzelhaarhöschen", deren Lage an den anhängenden Bodentheilchen stets zu constatiren ist, wenn man eine Wurzel aus dem Boden zieht und vorsichtig abschüttelt (Fig. 354).

Bei den Drogenwurzeln sind intacte Wurzelhaare, wenn überhaupt, nur an den (übrigens meist beim Herausziehen abgerissenen) feinen Wurzelenden zu finden. Abgestorbene Wurzelhaare finden sich jedoch häufig an der primären Rinde der Wurzeln, bei denen die letztere erhalten bleibt (*Compositen-* und *Monocotylen*-Wurzeln). Sie fehlen ausnahmslos den Wurzeln, bei denen die primäre wurzelhaartragende Rinde im späteren Alter abgestossen wird (*Rad. althaeae*, *Glycyrrhizae* (Fig. 315), *Levistici*, *Angelicae*). Sehr schön erhalten und über die ganze Fläche vertheilt sind die Wurzelhaare bei *Rad. sarsaparillae* (Fig. 432), den Ausläufern und Knollen von *Equisetum arvense* und den feineren Wurzeln der *Compositen*. Doch wird man sie an den feinsten Wurzelenden kaum einer Pflanze vergeblich suchen.

Bei den Moosen, den Flechten, den Prothallien der Gefässcryptogamen fehlen Wurzeln und die hier ausgiebig entwickelten wurzelhaarartigen Rhizoïden übernehmen gleichzeitig die Function der Befestigung der Pflanze und der Stoffaufnahme. Sie sind daher oft wurzelartig verzweigt, dazu meist durch schiefgestellte Wände gefächert.

Solche Rhizoïden finden sich auf der Unterseite der Farnprothallien, bei *Lichen islandicus* u. and. Nur der Befestigung, nicht der Nahrungsaufnahme dienen die Haftscheiben der Meeresalgen (*Laminaria*, *Carageen*).

Die Luftwurzeln der epiphytischen *Orchideen*[1]) (z. B. *Vanilla planifolia*) und einiger *Aroideen* sind von einer ein- oder mehrschichtigen aus dem Protoderm (Dermatogen) hervorgehenden Hülle (Velamen radicum) umgeben, deren Zellen (Tracheïden) meist spiralige Verdickungen zeigen, oft durch Löcher in unmittelbarer Communication mit einander stehen und Luft, beziehentlich Wasserdampf enthalten. Es ist dies das ausschliessliche oder theilweise Absorptionssystem dieser Pflanzen des tropischen Urwaldes.

Bei *Vanilla planifolia* ist das Velamen der Luftwurzeln einschichtig.

Alle bisher besprochenen Fälle des Absorptionssystems stellten Einrichtungen dar, die der Aufnahme des Wassers und der anorganischen Nährstoffe dienten. Wir finden aber auch in einigen Fällen ein Absorptionssystem organischer Nährsubstanzen. So dient z. B. das sogenannte Scutellum der Samen der *Gramineen* (Fig. 356, *ss—sc*) bei der Keimung als Saugorgan (Haustorium), d. h. es saugt mit Hilfe der sich oft wurzelhaarartig ausstülpenden, dem Endosperm sich anschmiegenden Zellen seines Oberflächenepithels (Fig. 356, *e*) die Stoffe aus dem Endosperm heraus und führt sie dem Keimling zu. Solche Saugorgane finden sich ausser bei den *Gramineen*, bei der *Dattel*[2]), den *Commelineen* u. and.

Bei *Myristica* dienen die reichgelappten Cotyledonen als Saugapparate.[3]) Sie dringen zur Zeit der Keimung zwischen das Endosperm noch weiter ein als sie es schon waren und führen dem Keimling die Stoffe desselben zu.

Ebeling hat[4]) folgende Uebersicht über die Saugorgane der Samen und ihr Verhalten bei der Keimung gegeben:

A. Die Keimblätter bleiben immer im Samen, sind nur für die Aufsaugung des Endosperms bestimmt und sterben nach vollbrachter Arbeit ab: *Cycadeen*, *Monocotylen*.

I. Das im Samen liegende Keimblatt bleibt bei der Keimung anatomisch unverändert. Es saugt das Endosperm durch die gewöhnlichen Epidermiszellen aus, die sich von denen der jungen Blätter nicht unterscheiden: *Liliaceen*, *Juncagineen*, *Iridaceen*, *Amaryllideen*, *Cycadeen* (?).

II. Das Keimblatt wird zur Aufsaugung des Endosperms besonders differenzirt, es werden Saugorgane, Haustorien, gebildet.

---

[1]) Vergl de Bary, Anatomie, S. 237, wo auch die Literatur (Oudemans, Leitgeb, Treub) nachzusehen.

[2]) Sachs, Pringsheim's Jahrb. III, S. 183 und Bot. Zeit.

[3]) Fritz-Müller, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1887, S. 468.

[4]) Die Saugorgane bei der Keimung endospermhaltiger Samen. Flora 1885.

1. Das Saugorgan (Keimblatt) ist schildförmig (Scutellum); es ist mit einem Epithel bekleidet, welches aus langgestreckten, dünnwandigen, zur Oberfläche senkrecht stehenden Saugzellen besteht, welche 4—10 Mal so lang als breit sind und sich meist pinsel- oder schlauchartig in das Endosperm hineinstrecken: *Gramineen.*[1])

2. Das Saugorgan hat schliesslich die Gestalt des Samens (meist kugelig), der Rand des Haustoriums besteht aus dünnwandigen, langgestreckten Saugzellen, die 2—6 Mal so lang wie breit sind.

a) Saugorgane erst kugelig, dann napfförmig, schliesslich die Gestalt des Samens annehmend und diesen ganz ausfüllend: *Palmen.*

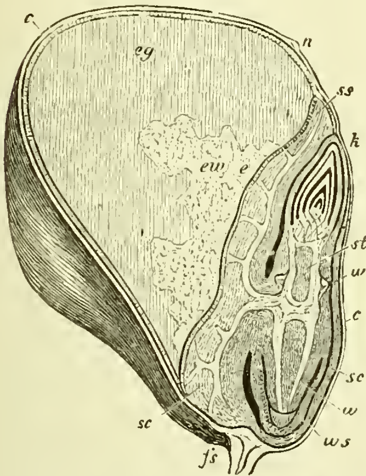
b) Saugorgan gleich die Gestalt des Samens besitzend: *Commelinaceen.*

3. Das Saugorgan ist fadenförmig, cylindrisch, mit sich verjüngender Spitze. Das ganze Haustorium besteht aus dünnwandigen, langgestreckten Zellen, die 4—8 Mal so lang als breit sind und die Richtung der Längsachse des Organs haben: *Cyperaceen, Luzula (Juncaceen).*

4. Das Haustorium ist birnförmig. Die inneren Zellen und die Epidermiszellen sind parallel der Längsachse gestreckt, die Endzellen an der Spitze der Haustorien sind radial gestreckt und keulenförmig abgerundet: *Juncus (Juncaceen).*

B. Die Keimblätter bleiben nur eine Zeit lang im Samen, um das vorhandene Endosperm aufzuzehren, streifen dann die Samenschale ab, treten über die Erde und fungiren dann noch als Assimilationsorgane. Das Saugorgan (Keimblatt) hat den Charakter eines gewöhnlichen Blattes. Seine Epidermis besteht aus pünnwandigen Zellen, die nicht besonders lang gestreckt sind, sondern die Gestalt gewöhnlicher junger Epidermiszellen besitzen: *Coniferen, Dicotyledonen.*

Fig. 356.



Längsschnitt der Frucht von *Zea Mais* (6mal vergr.). *c* Fruchtschale, *n* Ansatz der Narbe, *fs* Fruchtbasis, *eg* Hornendosperm, *ew* Mehlendosperm, *sc* Scutellum, *ss* Spitze des Scutellums, *e* Saugepithel, *k* Knospe der Plumula von dem Cotyledon bedeckt, *st* Stengelchen der Plumula, *w* Radicula u. Nebenwürzelchen, *ws* Coleorhiza (Sachs').

Auch bei den phanerogamischen Parasiten und Saprophyten *(Rhinanthaceen, Thesium, Rafflesiaceen, Cuscuta)* wird für gewöhnlich ein besonderer Saugapparat entwickelt, der sich in die Wirthspflanze oder den abgestorbenen Pflanzentheil einsenkt. Diesen phanerogamischen Schmarotzern würden sich alsdann die Pilze anschliessen, bei denen für gewöhnlich die ganze entweder den Boden *(Agaricus muscarius, Boletus edulis, Tuber aestivum)* oder das befallene lebende Pflanzenorgan (bei *Puccinia Graminis* das Blatt, bei *Claviceps purpurea* die Blüthe, bei *Polyporus officinalis* den Stamm) durchwuchernde vegetative Theil — Mycelium — als Aufnahms-, beziehentlich Saugorgan fungirt.

Bei zahlreichen, besonders sehr harten Samen findet sich in dem Endosperm, schon des ruhenden Samens, eine Längsspalte *(Strychnos nux vomica, Phytelephas macrocarpa, Coffea*[2]) oder es entsteht eine solche bei der Keimung aus einem vorgebildeten Gewebe *(Umbelliferen).* Diese Spalten führen stets zum Embryo hin und dienen dazu, ihm bei der Keimung die gelösten Reservestoffe rasch zuzuführen.

Wo und wie die von dem Absorptionssysteme aufgenommenen Stoffe verarbeitet werden, bleibt im Einzelnen noch zu untersuchen. Nur das wissen wir bestimmt, dass ein grosser Theil des aufgenommenen Wassers durch Transpiration wieder exhalirt wird, und dass sich die mineralischen Nährstoffe in den Transpirationsorganen, besonders den Blättern, stark anhäufen.

Eine sehr eigenartige, noch nicht völlig aufgeklärte Rolle scheint

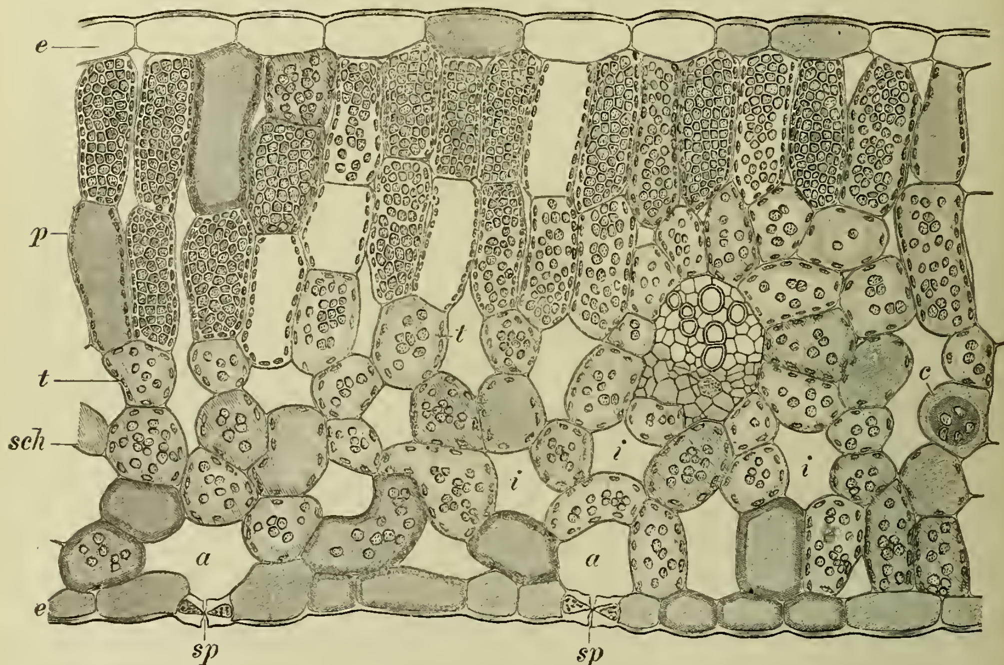
---

[1]) Ich halte das Scutellum der *Gramineen* nicht für den Cotyledon. T.

[2]) Jäger, Endosp. des Kaffee. Bot. Zeit. 1881, S. 336. Siehe auch Berg, Atlas, Taf. 49.

die von FRANK[1]) aufgefundene Mycorhiza[2]) bei der Aufnahme der Stoffe, besonders der humösen, aus dem Boden zu spielen. Die Mycorhiza oder Pilzwurzel wird dadurch gebildet, dass sich Pilzmycelien derartig mit der Wurzel vergesellschaften, dass sie entweder die ganze Wurzeloberfläche mantelartig überziehen und nach Aussen in den Boden, sowie (spärlich) auch in das Innere des Pflanzenkörpers Fäden entsenden (ectotrophische[3]) Mycorhiza) oder im Innern des Wurzelkörpers, besonders der Rinde und dort meist in einer besonderen Schicht, Fäden und Fadenknäuel bilden (endotrophische[4]) Mycorhiza. Eine Schädigung der Pflanze durch

Fig. 357.



Querschnitt durch ein Blatt der Rübe *(Beta vulgaris)*. Die stärker schraffirten Zellen mit rothem Zellsaft, bei *c* der Inhalt einer solchen Zelle contrahirt, *e* Epidermis, *sp* Spaltöffnungen, *a* Athemhöhle, *p* Palissaden, *t* Trichterzellen, *sch* Schwammparenchym, *i* Intercellulargänge (Tschirch).

diese mit ihr in Symbiose[5]) lebenden Pilze ist niemals beobachtet worden. Im Gegentheil können z. B. Buchen ohne diese Pilze auf die Dauer nicht existiren.

Die Mycorhiza ist weit verbreitet (FRANK, SCHLICHT) und scheint in den jüngsten Wurzeln der meisten Pflanzen vorzukommen. Bei ectotrophischer Mycorhiza fehlen die Wurzelhaare stets gänzlich (*Fagus*).

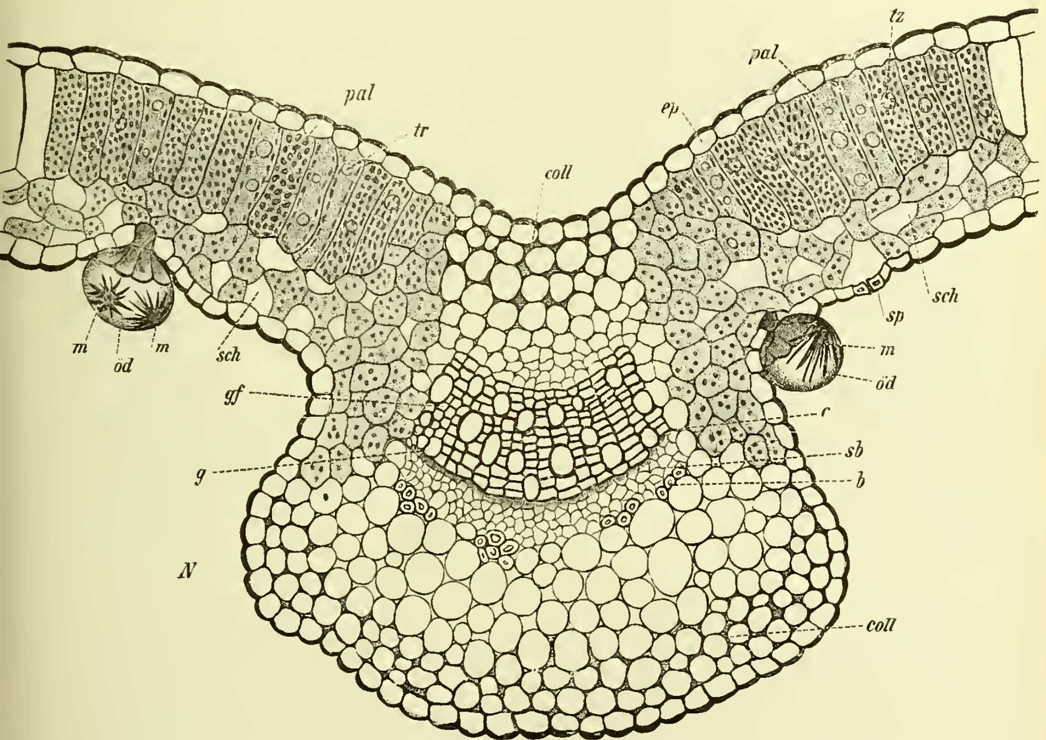
---

[1]) Ber. d. d. bot. Ges. 1885, S. 128.
[2]) μυκός Pilz, ῥίζα Wurzel.
[3]) ἐκτός aussen.
[4]) ἔνδον innen.
[5]) σύν mit, βίειν leben.

Das Assimilationssystem.

Die Pflanzen unterscheiden sich dadurch von den Thieren, dass sie die diesen abgehende Fähigkeit besitzen, die anorganischen Substanzen, speciell Kohlensäure, Wasser und Nitrate, in organische kohlenstoff- und bisweilen auch stickstoffhaltige Substanzen überzuführen, also aus anorganischem Material Stärke, Cellulose, Zucker, Fette, Eiweiss und Amide zu bilden; gleichzeitig aber verleiben sie auch die vom Boden aufgenommenen Salze ihrem Körper ein. Diesen gesammten Process, der also alle Stoff-

Fig. 358.



Querschnitt durch ein Blatt von *Mentha piperata* an der Mittelrippe. *ep* Epidermis, *pal* Palissaden, *tr* Oeltropfen, *coll* Collenchym, *sch* Schwammparenchym, *sp* Spaltöffnung, *öd* Oeldrüsen mit Mentholkristallen *(m)*, *gfb* Gefässbündel, *g* Gefässtheil, *c* Cambium, *sb* Siebtheil mit Bastzellen *(b)* (Tschirch).

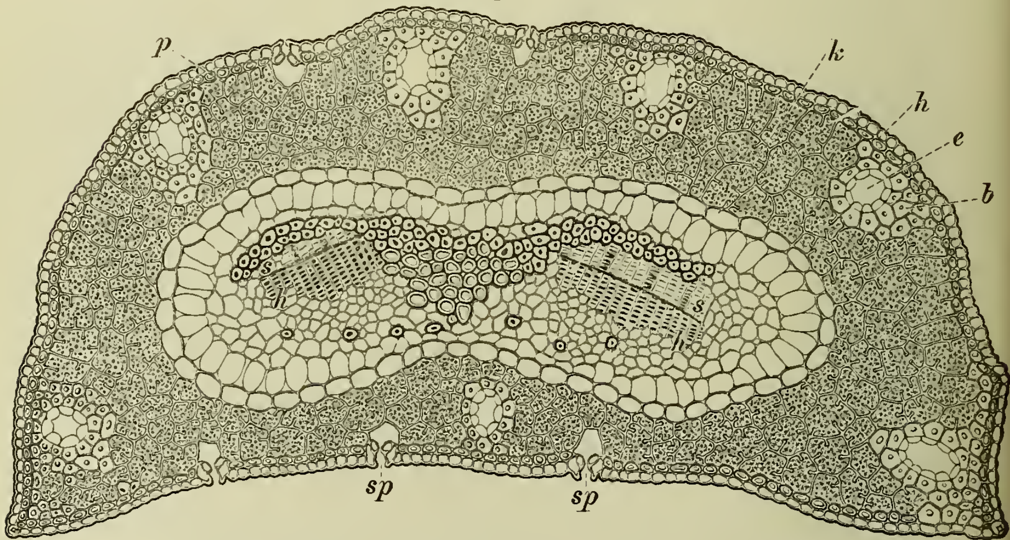
metamorphosen umfasst, „durch welche vom Organismus aufgenommene Stoffe in Körperbestandtheile desselben verwandelt werden" und der der thierischen Assimilation der Nahrungsmittel entspricht, kann man auch bei den Pflanzen mit dem Namen „Assimilation"[1]) belegen[2]) und demnach von einer Kohlenstoffassimilation, einer Stickstoffassimilation und einer Assimilation der anorganischen Substanzen als solcher reden. Für gewöhn-

[1]) *assimillare* etwas dem anderen ähnlich machen.
[2]) Dies geschieht z. B. von Schleiden, Pfeffer, Wiesner u. And.

lich jedoch folgt man, freilich aus Gründen, deren Stichhaltigkeit bezweifelt werden muss, der Auffassung von Sachs und bezeichnet mit „Assimilation par excellence“ die, wenn auch nicht schlechthin wichtigste, so doch sicher eigenartigste der drei Assimilationsformen, nämlich die Assimilation des Kohlenstoffes.

Nur von dieser wissen wir bestimmt, wo sie sich abspielt, nur bei dieser können wir also von einem specifischen Assimilationsgewebe sprechen. Wo sich die Assimilation des anorganischen Stickstoffmateriales, der Nitrat-, Nitrit- und Ammonsalze, abspielt — darüber wissen wir zunächst noch wenig. Wir sind sogar zu der Annahme berechtigt, dass jeder lebenden Zelle der Pflanze die Fähigkeit der Stickstoffassimilation zukommt, wie auch jede Zelle unstreitig die Fähigkeit besitzt, ihren Körperbestandtheilen anorganische Substanzen einzuverleiben. Die Assimilation des Kohlenstoffes dagegen ist nicht in jeder beliebigen Zelle möglich, sondern abhängig von dem Vorhandensein von Chlorophyllkörpern in den Zellen

Fig. 359.



Querschnitt durch ein Blatt (Nadel) von *Pinus silvestris*, *h* Epidermis, *sp* Spaltöffnungen, *p* chlorophyllführendes Blattgewebe mit gefalteten Wänden, *b* mechanische Scheiden der Secretbehälter *(e)*, *k* derbe Parenchymscheide um den doppeltheiligen Mittelnerv, *s* Siebtheil, *h* Holztheil. Beiderseits vom Bündel Transfusionsgewebe ohne Zellwandverdickungen (Tschirch).

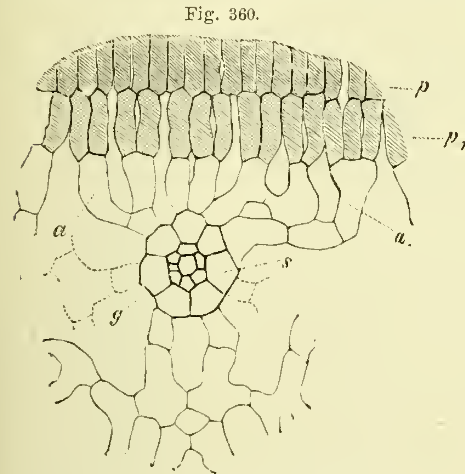
und von einer gewissen Menge von Licht und Wärme. Wie der Process freilich im Einzelnen verläuft, wissen wir nicht. Das Einzige, was sicher festgestellt werden konnte, ist, dass, wenn die nöthige Menge Licht und Wärme vorhanden ist, unter Ausscheidung von einem Molekül O auf ein Molekül CO_2 in den Chlorophyllkörpern, in denen sich der Process der Assimilation abspielt, als sichtbares Product desselben meist Stärke, seltener Oel nachgewiesen werden kann (vergl. vorn S. 59). Dass ein so hoch complicirt zusammengesetzter und so fein organisirter Körper nicht das erste Product der Assimilation der Kohlensäure und des Wassers sein kann, darüber ist man sich gleichfalls klar. Welches aber das erste Assimilationsproduct ist, ob Formaldehyd, wie Bayer meint oder die einfacheren organischen Säuren, etwa Oxalsäure, weiss man nicht. Für Formaldehyd oder einen ähnlichen Körper spricht mancherlei.

Jedenfalls müssen wir jeder chlorophyllführenden Zelle die Fähigkeit zuerkennen, unter den geeigneten Bedingungen Kohlenstoff zu assimiliren.

Chlorophyllführende Zellen finden sich nun aber, da die Chlorophyllbildung (vergl. oben S. 55) vom Lichte abhängig ist, nur in oberirdischen Pflanzentheilen, hier aber fast überall in Stengeln, Blüthen, Früchten, Blattstielen und Knospen, in Haaren, Epidermiszellen, Bastzellen, Collenchym und wir müssten demnach alle diese Organe als Assimilationsorgane betrachten, was sie ja auch bis zu einem bestimmten Grade sind.

Zu einem specifischen Assimilationsorgane, einem Organe also, bei welchem die Kohlenstoffassimilation als Hauptfunction auftritt, werden jedoch nur die Blätter und die blattartigen Sprosse (Phyllodien und Phyllocladien) entwickelt, nur bei ihnen werden die Chlorophyllkörner in so grosser Zahl gebildet, dass die in ihnen vor sich gehende Kohlenstoffassimilation für die Vermehrung der organischen Substanz der Pflanze in's Gewicht fällt. Es ist nämlich durch Versuche festgestellt worden, dass die Kohlenstoffanreicherung (gemessen in der Sauerstoffausscheidung) eines Blattes im directen Verhältnisse zur Anzahl der vorhandenen Chlorophyllkörner[1]) steht. Und da ist es denn wiederum natürlich, dass die dem Lichte ausgesetzte Blattseite — die schon durch ihre tiefer grüne Farbe von der Unterseite unterschiedene Blattoberseite — am reichlichsten Chlorophyllkörper enthält und diese Seite müssen wir daher als die specifische Assimilationsseite des Blattes und das in ihr liegende Gewebe als specifisches Assimilationsgewebe betrachten.

Fig. 360.



Partie aus dem Blattquerschnitte von *Ficus elastica*. *p*, *p*, Palissaden, *a* Aufnahms-, bez. Sammelzellen, *g* Gefässbündel aus Tracheïden bestehend, mit Parenchymscheide (*s*) (Haberlandt).

Dies Assimilationsgewebe ist seiner Function auf das vollkommenste angepasst.[2]) Zwei Umstände sind für den Bauplan desselben massgebend: möglichst vollkommene Durchleuchtung, um ausgiebigste Kohlenstoffassimilation zu ermöglichen und möglichst rasche Ableitung der Assimilationsproducte, um durch eine Aufhäufung der Assimilate den Process der Neubildung nicht zu stören. Beides kommt in der Form der specifischen Assimilationszellen und der Anordnung der Chlorophyllkörner zum Ausdruck. Um eine ausgiebige Durchleuchtung zu erzielen, sind die Chlorophyllkörner in schmalen schlauchförmigen, rechtwinkelig zur Epidermis (also zum einfallenden Lichte), palissadenartig neben

[1]) Nach C. A. Weber (Ueber specif. Assimilationsenergie. Arbeit. d. bot. Instit. in Würzburg. II, S. 343) und Haberlandt

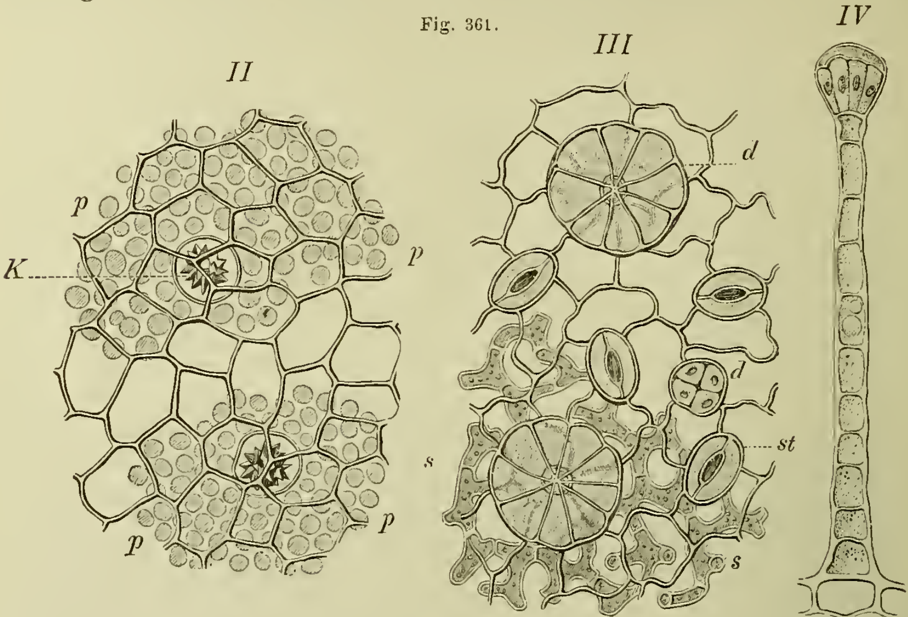
beträgt bei	die spec. Assimilationsenergie	Anzahl der Chlorophyllkörner
Tropaeolum majus	100	100
Phaseolus multiflorus	72	64
Ricinus communis	118·5	120
Helianthus annuus	124·5	122

Assimilationsenergie und Chlorophyllgehalt sind also proportional.

[2]) Vergl. G. Haberlandt, Vergleichende Anatomie des assimilatorischen Gewebesystems. Pringsheim's Jahrb. XIII, 1882. Vergl. auch Physiolog. Anatomie, S. 172, dort auch die Literatur.

einander gestellten Zellen, die daher den Namen „Palissadenzellen“ [1]) (Fig. 357 *p*, 358 *pal*, 360. 366, 367, 368 *p*) tragen, rings an den Seitenwandungen in einfacher Schicht, in Profilstellung angeordnet — der gewöhn-

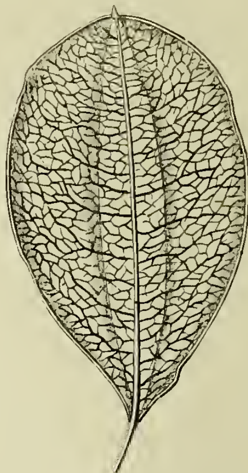
Fig. 361.



Fol. juglandis (Juglans regia). II und *III* Flächenschnitte durch die Epidermis, *II* der Oberseite, *III* der Unterseite, *d* Drüsenhaar, *st* Spaltöffnung, *p* durchscheinende Palissaden und *s* Schwammparenchym, *K* Kristalldrusen von Calkoxalat, *IV* Drüsenhaar (Vogl).

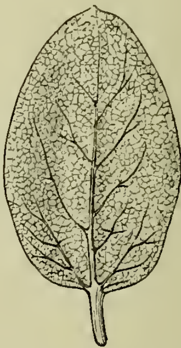
liche Fall — oder aber die typischen Palissadenzellen sind zu sogenannten Armpalissadenzellen (Haberlandt) (z. B. bei den Blättern von

Fig. 362.



Coca-Blatt in nat. Grösse (J. Möller).

Fig. 363.



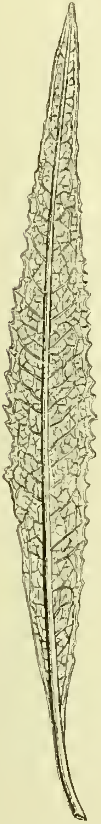
Oberseite des Blattes von *Arctostaphylos glauca Lindl.*

Aconitum Napellus, *Paeonia*, *Anemone*-Arten) umgewandelt, d. h. die Zellwand wölbt sich von Innen her in die Zelle hinein und erzeugt so zwei auf einem

[1]) Von Schacht (Lehrbuch. II, S. 118) eingeführter Name. Von *palus*, Pfahl (franz. palissade), daher nicht Pallisade.

breiten Stiele sitzende Arme oder endlich eine rundliche Zelle wird durch zahlreiche Einfaltungen halbgefächert (Fig. 359). Die beiden letzteren Fälle bewirken eine Vergrösserung der inneren Fläche der Zelle. Da, wie erwähnt, die Chlorophyllkörner stets wandständig sind, wird also in solchen Zellen eine sehr viel grössere Anzahl dieser Assimilationskörper par excellence Platz finden. Die schlauchförmige Streckung der Palissadenzellen ermöglicht zudem eine schnelle und die mehr oder weniger grosse seitliche Isolirung derselben durch lufthaltige Längsintercellularen (Fig. 357) eine directe Ableitung der Assimilate in das Blattinnere. Die letzteren gelangen entweder aus den specifischen Assimilationszellen direct in das Ableitungsgewebe der Blattnerven oder werden zunächst in einem Zuleitungsgewebe gesammelt und von diesem dann direct oder indirect in die Ableitungsbahnen (die Nerven) geführt.

Fig. 364.



Blatt von *Eriodictyon californicum Benth.* (Yerba Santa) (Möller).

Die „Sammelzellen" oder Aufnahmszellen des Zuleitungsgewebes sind oft sehr schön entwickelt. Nicht selten sitzt ein Bündel von 2 bis vielen Palissadenzellen auf einer trichterförmigen Sammelzelle auf (*Fagus silvatica, Sassafras* Fig. 257, *Fol. absinth.* Fig. 368, *Ficus elastica* Fig. 360).

Die Wandungen der specifischen Assimilationszellen, der Palissaden und ihrer Modificationen sind der Regel nach sehr dünnwandig. Die Palissaden besitzen meist genau die Form eines mehr oder weniger gestreckten Cylinders mit genau rundem Querschnitt (Fig. 361, *II*), wovon man sich durch Vergleichung des Längs- und Querschnittes eines Blattes leicht überzeugen kann.

Da die Assimilation in den chlorophyllführenden Zellen nur unter dem Einflusse des Lichtes stattfindet, so ist es erklärlich, dass die Form der Assimilationszellen, wie die Anordnung der Chlorophyllkörner vom Lichte bedingt wird — in der That wird ja beides, nur von diesem Gesichtspunkte betrachtet, verständlich — die Beziehungen gehen aber noch weiter. Lebt eine Pflanze im Waldesschatten, trifft also die Oberseite ihrer Blätter das directe Sonnenlicht gar nicht, so werden beide Blattseiten nahezu gleichmässig diffus beleuchtet, es besteht also kein so scharfer Unterschied in der Beleuchtung der Ober- und Unterseite wie bei den Blättern von Lichtpflanzen und demgemäss unterbleibt auch die Ausbildung eines Palissadengewebes an der Oberseite ganz oder wird doch stark verwischt (Stahl).[1] Stellt sich ferner das Blatt einer Lichtpflanze senkrecht, werden also beide Seiten gleichmässig von dem Lichte getroffen, so wird auch an beiden Seiten Palissadengewebe ausgebildet.

Demgemäss können wir 3 Typen des Blattbaues[2]) unterscheiden:

1. Blätter ohne Palissadengewebe (homogen centrische Blätter).

---

[1]) Vergl. auch Johow, Ueber die Bezieh. einiger Eigenschaft. d. Laubblätter zu d. Standortsverhältnissen. Pringsh. Jahrb. 15, S. 282. Stahl, Zeitschr. f. Naturwiss. 16. N. F. 9, 1 u. 2, u. Bot. Zeit. 1880. Frank, Einfluss des Lichtes auf die Differenzirung der Ober- und Unterseite. Bot. Zeit. 1872.

[2]) Ueber den Blattbau vergl. auch Vesque, Caractères des principales feuilles gamopétales tirés de l'anatomie de la feuille. Ann. sc. nat. 1885. Mahlert, Beiträge z. Anatomie d. Laubblätter der Coniferen. Bot. Centralbl. 1885, 24, S. 54, u. die weiter unten citirten Arbeiten.

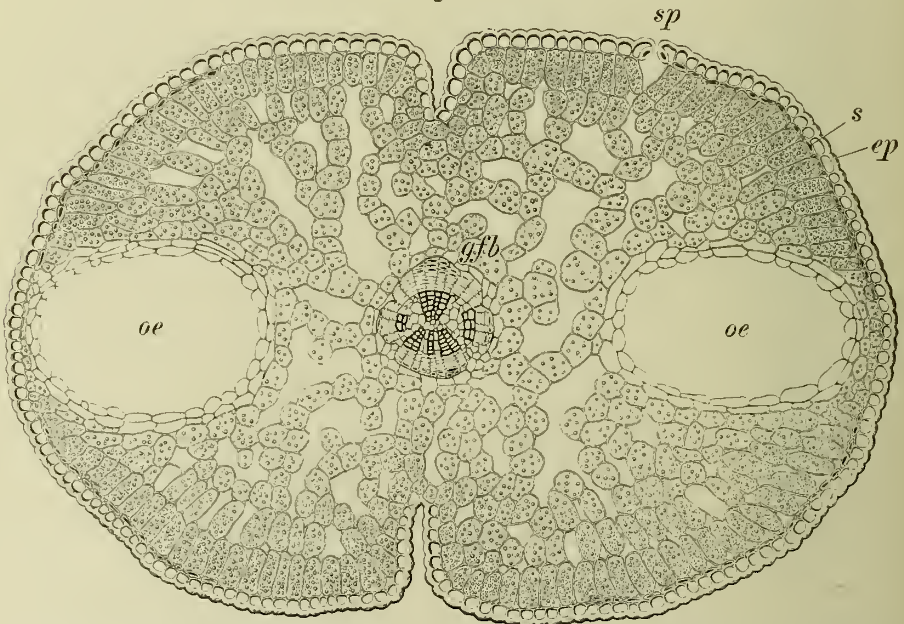
2. Blätter mit Palissadengewebe auf beiden Seiten (isolaterale Blätter).

3. Blätter mit Palissadengewebe nur auf der Oberseite (bifaciale Blätter).

Man unterscheidet bei jedem Blatte das Epidermalgewebe, das Assimilations- und Durchlüftungsgewebe und das Strangsystem. Ersteres bedeckt als ein- oder mehrschichtige Epidermis das Blatt beiderseits (Fig. 365—368), das zweite, das Strangsystem, durchzieht in Form von Nerven die Blattmasse (Fig. 362—364), und das Assimilations- und Durchlüftungssystem, welches man, da es die Blattmitte zwischen den beiden Epidermen einnimmt, als Mesophyll[1]) (Blattparenchym, Diachyma, Diploë[2]) bezeichnet, füllt den von den Gefässbündeln übrig gelassenen Raum zwischen den Epidermen mehr oder weniger vollständig aus.

Den ersten Typus: den homogen centrischen[3]) Blattbau, wo Palissaden überhaupt nicht entwickelt sind, finden wir bei den Blättern vieler Schattenpflanzen; bei den unterirdischen und den oberirdischen nicht assimilirenden Schuppen (Nieder-)Blättern, bei Hoch- und Kelchblättern u. a. Sehr undeutlich ist die peripherische Schicht palissadenartig entwickelt —

Fig. 365.



Querschnitt durch zwei opponirte Blätter von *Juniperus Sabina (Sabina officinalis)*. *ep* Epidermis, *s* subepidermale Bastzellreihe, *sp* Spaltöffnung, *oe* Oelbehälter, das *Ol. Sabinae* enthaltend (Tschirch).

d. h. ihre Zellen sind nahezu rundlich oder rund und gehen ohne scharfe Grenze allmälig in das centrale Mesophyll über, ohne dass eine distinct ausgebildete Mittelschicht gebildet wird — bei zahlreichen dünnen Blattorganen, ferner bei den Blättern von *Chamaerops humilis, Copernicia, Secale cereale, Triticum vulgare, Crassula*; bei *Acorus Calamus*, wo ebenfalls ein eigentliches Palissadengewebe fehlt, ist eine Mittelschicht ausgebildet.

---

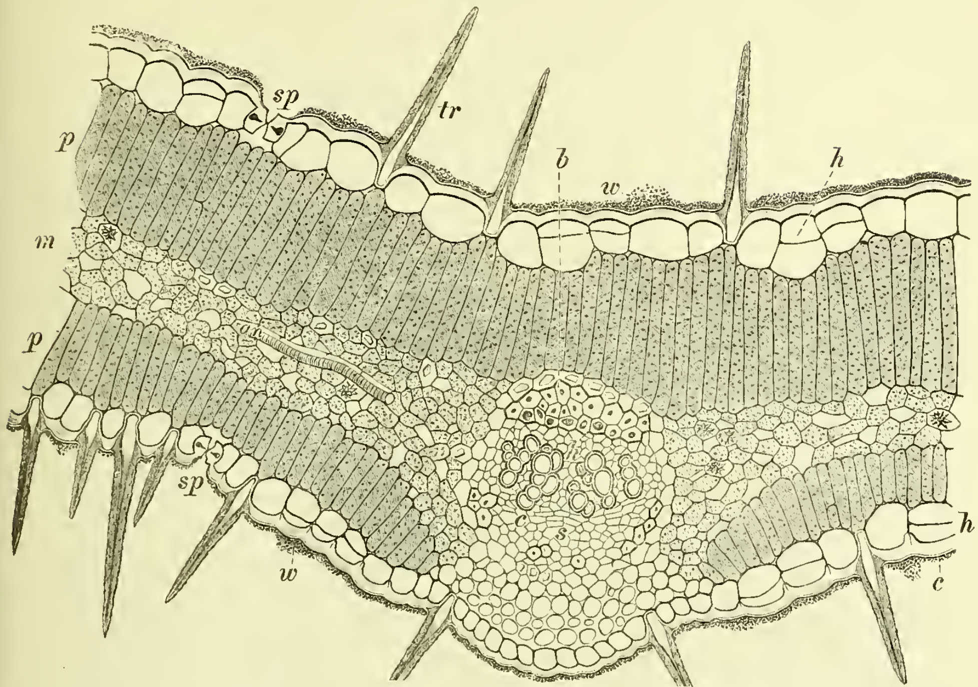
[1]) μέσος Mitte, φύλλον Blatt. Der Name rührt von Decandolle (Organographie, I, S. 271) her.

[2]) Der Name rührt von Link (Philos. bot. Ed. I, S. 176) her.

[3]) An Stelle des Ausdruckes centrisch hat Heinricher (Ueber isolateralen Blattbau mit bes. Berücksichtigung der deutsch. Flora. Pringsh. Jahrb. 15, S. 502) den Ausdruck isolateral vorgeschlagen. (ἴσος gleich, latus Seite.)

Auch den Blättern von *Aloë arborescens* (Fig. 256) und dem Stengel von *Euphorbia resinifera* fehlen eigentliche Palissaden.

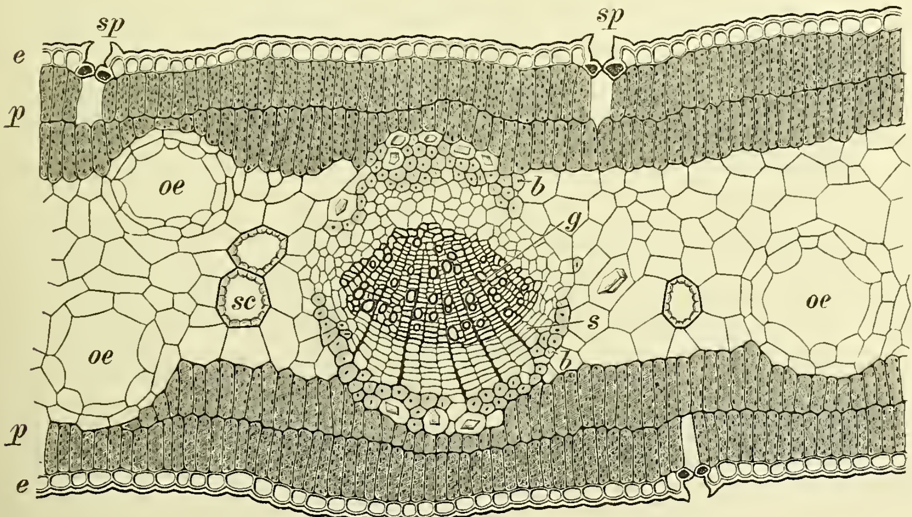
Fig. 366.



Querschnitt durch das Blatt von *Cassia angustifolia (Fol. Sennae)*. *h* Epidermis, partiell hypodermatisch, *w* Wachskörnchen auf der Oberfläche der Cuticula *(c)*, *tr* Haar, *sp* Spaltöffnung (Tschirch).

Der zweite Typus: Der normal centrische (DE BARY) oder isolaterale Blattbau ist dadurch ausgezeichnet, dass bei ihm entweder beider-

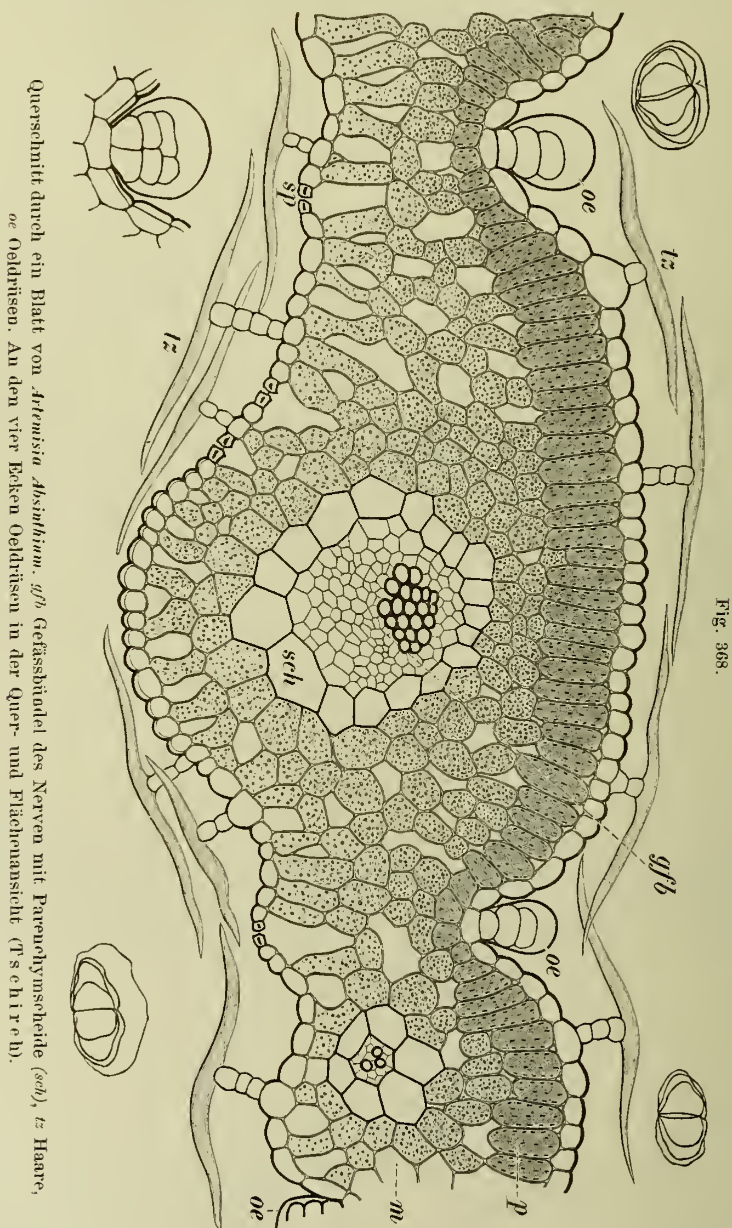
Fig. 367.



Querschnitt durch ein Blatt von *Melaleuca minor*. *e* Epidermis, *p* Palissaden, *sp* Spaltöffnungen, *sc* Idioblastenartige Sclereïden, *oe* Oelbehälter, das *Ol. Cajeputi* enthaltend, *g* Gefässtheil und *s* Siebtheil des Nervenbündels, *b* Bastbeleg desselben (Tschirch).

seits — bei flachen Blättern — oder ringsum — bei dicken fleischigen oder

runden Blättern — Palissadengewebe liegt, Ober- und Unterseite also nicht different ausgebildet sind und die ganze Mitte von einer anders gestalteten Schicht, Mittelschicht, Mitteltheil eingenommen wird, die meist (Fig. 366), aber nicht immer (Fig. 367), merentchymaisch ausgebildet ist, also einige Chlorophyllkörner führt, bei den *Aloë*-Blättern und



Querschnitt durch ein Blatt von *Artemisia Absinthium*. *gfb* Gefässbündel des Nerven mit Parenchymscheide (*sch*), *tz* Haare, *oe* Oeldrüsen. An den vier Ecken Oeldrüsen in der Quer- und Flächenansicht (Tschirch).

anderen Succulenten aber in ein schleimführendes centrales Gewebe übergeht. Bei flachen Blättern verlaufen die Nerven im Merenchym (Fig. 366 u. 367), bei den *Aloë*-Blättern an der Grenze von Schleimschicht und Merenchym (Fig. 204 u. 256). Flache Blätter zeigen für gewöhnlich diesen Bau, nur wenn sie senkrecht gestellt, also von beiden Seiten beleuchtet sind. Er findet sich bei *Melaleuca minor* (Fig. 267), *Folia Sennae* (Fig. 266), der

säbelförmigen *Eucalyptus*-Blättern, einigen *Acacien*, bei *Lactuca Scariola* u. and., besonders *Monocotylen*-Blättern.

Auch die *Coniferen*-Nadeln zeigen centrischen Bau (Fig. 365), doch ist hier die äusserste Schicht oftmals nicht eigentlich palissadenartig gebaut, sondern wird nur durch die eigenthümlichen Membranfalten palissadenartig gefächert (Fig. 559). Querpalissaden, d. h. Palissaden, die parallel der Oberfläche gestreckt sind, finden sich bei *Iris germanica*.

Fig. 369.

st

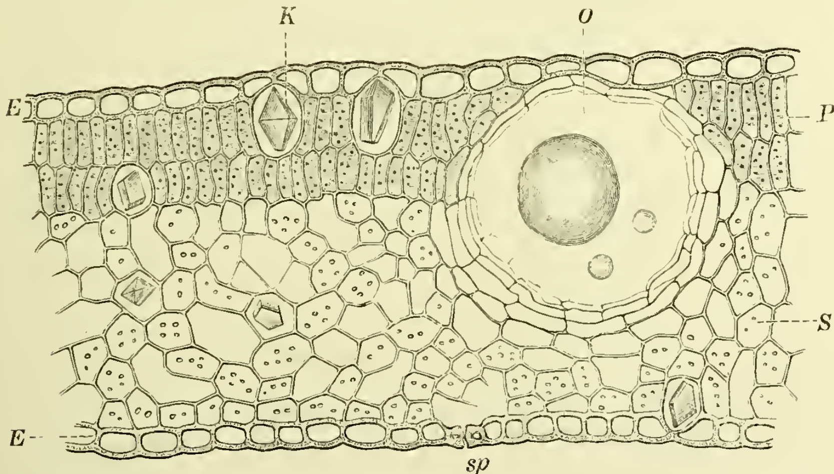
s

s

Flächenschnitt durch die Unterseite des Blattes von *Citrus vulgaris* Risso. *s* Schwammparenchym, *st* Spaltöffnung (Vogl).

Am häufigsten ist der dritte Typus, bei dem beide Seiten, Ober- und Unterseite different ausgebildet sind, nur die dem Lichte ausgesetzte Seite (meist die morphologische Oberseite) mit specifischem Assimilationsgewebe, Palissaden, ausgerüstet ist, an der Unterseite dagegen ein, von zahlreichen Intercellularen unterbrochenes, lückiges Merenchym oder Schwammparenchym liegt. Man nennt diesen Typus den bifacialen[1]) oder Zweiflächentypus (de Bary). Da die Palissaden dicht bei einander liegen und zahlreiche Chlorophyllkörner enthalten, im Schwammparenchym dagegen die Zellreihen und Gruppen durch Intercellularen von einander getrennt sind, und die Zellen selbst eine viel geringere Zahl von Chlorophyllkörnern enthalten[2]), so

Fig. 370.



Querschnitt durch ein Pomeranzenblatt (*Citrus vulgaris*). *O* lysigener Oelraum, *E* Epidermis, *sp* Spaltöffnung, *P* Palissadenparenchym, *S* Schwammparenchym, *K* Kristall (Tschirch).

erscheint die Oberseite so gebauter Blätter viel dunkler grün als die

[1]) *bis* zweifach, *facies* Seite.

[2]) Nach Haberlandt enthält das Palissadengewebe im Maximum 6mal, im Mittel 3—4mal, im Minimum 2mal so viel Chlorophyllkörner als das Schwammparenchym. — Im Laubblatt von *Ricinus communis* z. B. enthält eine Palissadenzelle circa 36, eine Schwammparenchymzelle 20 Chlorophyllkörner, auf einen Quadratmillimeter Blattfläche entfallen im Palissadengewebe 403.200, im Schwammparenchym 92.000 Chlorophyllkörner.

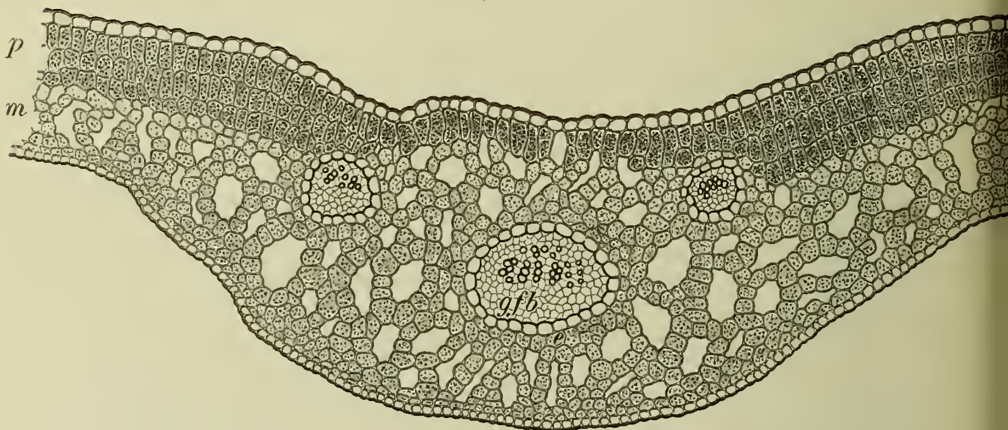
Unterseite. Die Mehrzahl der Pflanzen unserer Flora zeigt diesen bifacialen Blattbau. Er findet sich bei den *Fol. menthae* (Fig. 358), *hyoscyami* (Fig. 375), *belladonnae* (Fig. 113), *Fol. stramonii, absinthii* (Fig. 368), *digitalis* (Fig. 373), *Fol. trifolii fibrini* (Fig. 371), aber auch bei den *Fol. Jaborandi, Fol. Coca* (Fig. 372) u. a.

Die Palissadenschicht ist entweder einreihig *(Fol. Jaborandi, Fol. Absinth., Fol. Sennae, Conii, Menthae pip.)* oder 1—2reihig *(Fol. absinth.)* oder 2reihig *(Fol. aurant., Fol. lauri)* oder 2—3reihig *(Fol. trifol. fibrin., Fol. Matico, Fol. farfarae)* oder 3—5reihig *(Fol. uvae urs.)* [1]) oder nur partiell mehrreihig; sie nimmt entweder den grössten Theil des Querdurchmessers des Blattes ein *(Fol. uvae ursi)* oder nur einen verhältnissmässig kleinen Theil desselben *(Fol. Jaborandi)*.

Die Palissadenzellen sind entweder kurz *(Aloë arborescens)*, oder lang und schlauchförmig *(Cannabis*, Fig. 271); sehr lang sind sie bei den *Fol. sennae* (Fig. 366).

Das lacunöse Schwammparenchym oder Lückenparenchym macht meist die Hauptmasse des Mesophylls aus. Es besteht entweder

Fig. 371.



Querschnitt durch ein Blatt von *Menyanthes trifoliata* an der Mittelrippe, die Gefässbündel *(gfb)* mit Parenchymscheiden umgeben (Tschirch).

aus rundlichen Zellen, die oft zu radialen Reihen verbunden sind (lamellöses Parenchym) bei *Camellia japonica, Ilex aquifolium* oder aus sternförmigen Zellen (Sternparenchym, vielarmiges Parenchym) oder aus Zellen mit mannigfachen Auszackungen und Ausbuchtungen (Fig. 248, 251, 361 *III*, 369).

Beide, Schwammparenchym und Palissadenschicht, setzen sich meist scharf von einander ab [2]), doch geht bisweilen das letztere ganz allmälig unter fortschreitender Verkürzung der Zellen in ersteres über.

Im Allgemeinen kann man sagen, dass „nicht flache und nicht horizontal gestellte Blätter immer centrischen und nur horizontale und flache bifacialen Bau" zeigen.

Wo bei ein und derselben Pflanze, wie z. B. bei *Eucalyptus globulus* sowohl horizontal ausgebreitete, wie auch senkrecht gestellte Blätter vorkommen (ein Fall von Heterophyllie), besitzen erstere bifacialen, letztere centrischen Bau. [3]) Welches die morphologische Ober- und welches die Unter-

[1]) Vogl, Anatomischer Atlas, Taf. 6

[2]) An der Grenze beider finden sich besonders häufig Calkoxalatkristalle.

[3]) Tschirch, Pharm. Zeit. 1881, Nr. 88 und Flückiger und Tschirch, Grundlagen, Fig. 127 u. 128.

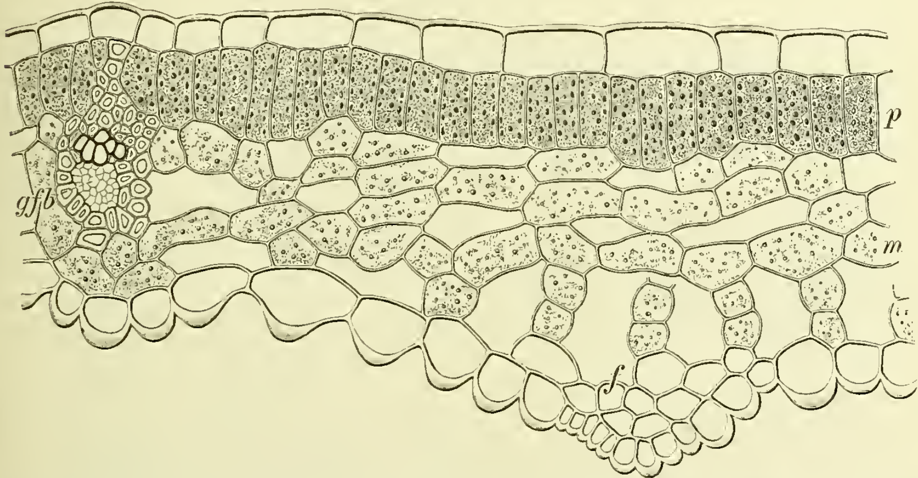
seite des Blattes ist, ersieht man stets aus der Lage des Holz- und Siebtheils der Gefässbündel der Nerven. Der Siebtheil liegt stets an der morphologischen Unterseite (Fig. 366—373). Nur bei Pflanzen mit bicollateralen Bündeln liegt er sowohl auf der Ober- wie der Unterseite *(Fol. hyoscyami,* Fig. 375).

Bei zahlreichen Cotyledonen, die nach der Keimung ergrünen, also auch, wie normale Blätter, assimiliren, ist schon im Samen Palissaden- und Schwammparenchym der Anlage nach differenzirt *(Sem. faenu graeci, Sem. sinapis).* (Fig. 374.)

In bei weitem den meisten Fällen geht das Assimilationssystem als typisches Parenchymgewebe aus dem Grundmeristem hervor.

Da das Assimilationsgewebe meistens aus sehr zartwandigen Zellen besteht — nur in den seltensten Fällen kommen dicke Wände oder Leistenverdickungen an Assimilationszellen vor — so ist es nicht zu verwundern, dass wir da und dort besondere Einrichtungen zur Erhöhung der Druck- und Schubfestigkeit finden. Als solche sind z. B. die knochenförmigen oder verzweigten Strebezellen im *Thee*-Blatte (Fig. 348) und die verzweigten Bastfasern im Blatte von *Olea europaea* (S. 291) aufzufassen.

Fig. 372.



Querschnitt durch ein *Coca*-Blatt an der „Längsfalte" *(f)*, die in der Nähe des Mittelnervs von der Basis nach der Spitze verläuft, *p* Palissaden, *m* Schwammparenchym, *gfb* Gefässbündel mit Bastbeleg (Tschirch).

Die häufig in den Blättern, besonders im Zellsafte der Epidermiszellen derselben in gelöster Form auftretenden Farbstoffe [1]) (Fig. 357) scheinen nach dem, was bisher darüber bekannt geworden ist vermöge ihrer Absorptionen nicht ohne Bedeutung für die Assimilationsthätigkeit zu sein (Pick).

Die in dem Assimilationssysteme gebildeten Stoffe (in erster Linie Kohlehydrate) wandern direct oder indirect in das Strangsystem, die Gefässbündel der Blattnerven, und werden von diesen in den Blattstiel und den Stengel a b g e l e i t e t und entweder zu den Orten des Verbrauches (Vegetationspunkte) oder der Aufspeicherung (Samen, Knollen, Rhizome) geführt. Ebenso werden aber auch dem grünen Blattgewebe durch die Nerven alle die Stoffe z u g e f ü h r t, deren es ausser der Kohlensäure bei der Assimilation bedarf, in erster Linie also das Wasser und die anorganischen Salze. Die Nerven verzweigen sich in der Blattlamina so reich, dass Endigungen derselben bis in die feinsten Facetten eindringen (Fig. 362

[1]) Vergl. auch Hassak, Unters. über d. anatom. Bau bunter Laubblätter etc. Bot. Centralbl. 1886.

bis 364 und 376), wovon man sich auf's leichteste schon dadurch überzeugen kann, dass man ein Blatt gegen das Licht hält oder es durch Extraction mit Alkohol durchsichtig macht, oder durch Fäulniss das Blattparenchym zerstört, wobei nur das Netzwerk der Nerven und die Cuticula zurückbleibt (Blattskelette). Die Canalisation des Blattes ist also die denkbar vollkommenste und gleichermassen auf Zu- und Abfuhr eingerichtet.

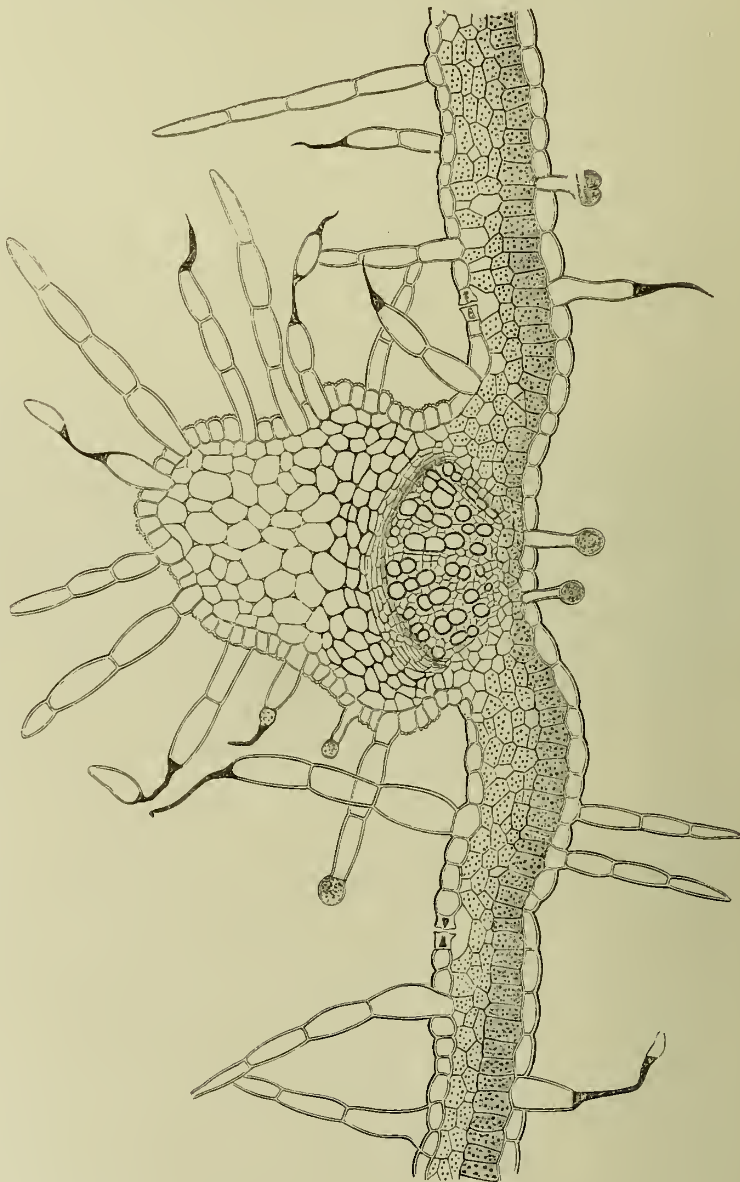


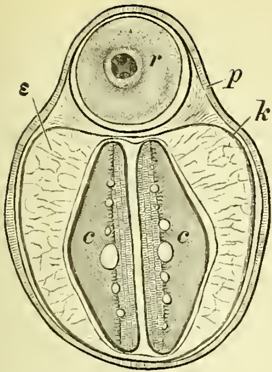
Fig. 373.

Querschnitt durch ein Blatt von *Digitalis purpurea L.* an der Mittelrippe (Tschirch).

Die in dem Blatte häufigen Idioblasten (Sclereïden, Fig. 367), Oel- und Harzzellen, Oelbehälter (Fig. 359, 365), Eiweissschläuche, Kristallzellen (Fig. 359) scheinen zur Function des Blattes in keiner näheren Beziehung zu stehen und sind in ihrer physiologischen Bedeutung von Fall zu Fall zu beurtheilen.

Die Dicke der Blätter schwankt, jedoch innerhalb nicht sehr weiter Grenzen, wie folgende Tabelle zeigt:

Fig. 374.



Lupenbild eines Samenquerschnittes von *Trigonella Faenum graecum*. *r* Radicula, *p* Palissaden der Samenschale, *e* Schleimendosperm, *c* Cotyledonen mit Procambiumsträngen (Palissaden- und Schwammparenchym differenzirt) (Tschirch).

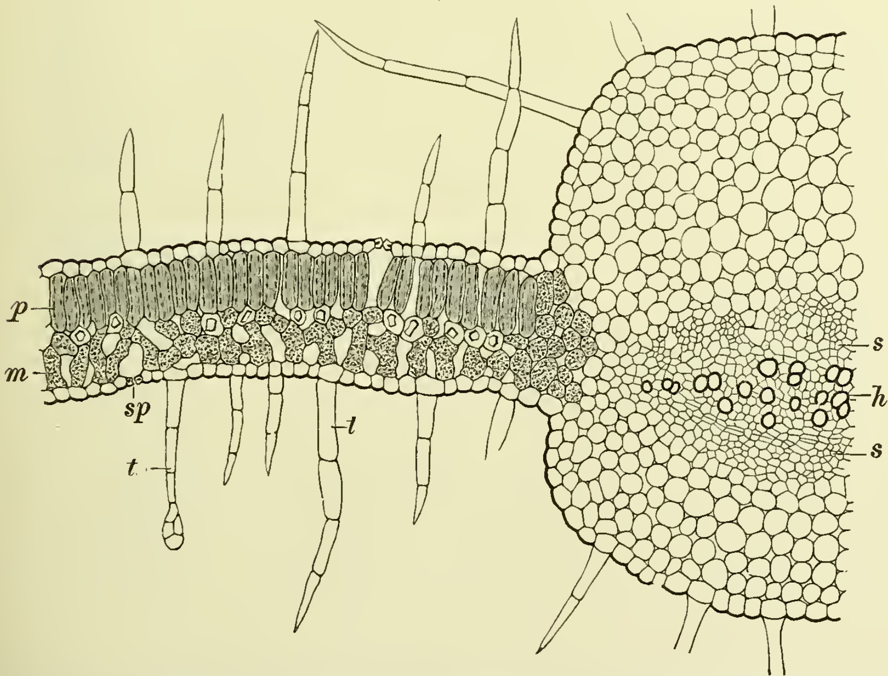
Fol. menthae piperatae	. . .	120—135	Mik.
„ *conii maculati*	. . . .	120—165	„
„ *matico*	. . . . . .	165—190	„
„ *buccu*	. . . .	350—400	„
„ *lauri*	. . . .	250—260	„
„ *trifol. fibrin.*	. . . .	300—320	„
„ *sennae*	. . . . . .	300—470	„
	meist	350—370	„
„ *jaborandi*	. . . . .	300—350	„
„ *farfarae*	. . . . .	500	„
„ *uvae ursi*	. . . . .	600—670	„

Die Blattnerven treten entweder gar nicht *(Fol. uvae ursi)* oder nur sehr wenig (Blätter von *Melaleuca*, Fig. 367, *Fol. lauri, trifol. fibrin.*, Fig. 371, *buccu)* oder stark hervor *(Fol. absinth.*, Fig. 368, *Fol. Digital.*, Fig. 373, *Fol. hyoscyami*, Fig. 375), letzteres besonders an der Unterseite und die Rippen erster und zweiter Ordnung stärker als die höherer Ordnung.

Die zwischen den Rippen liegenden Blattfacetten sind entweder gerade ausgespannt oder wölben sich nach der Oberseite buckelig hervor *(Fol. Matico, Fol. salviae)*, wodurch das Blatt alsdann runzelig erscheint.

Wegen des sehr gleichförmigen Baues des Assimilationsgewebes spielt dasselbe in der angewandten Anatomie diagnostisch eine sehr untergeordnete Rolle. Dagegen ist die Gesammtheit des Blattbaues, sowie die Details in demselben, wie Structur der Epidermis (vergl. S. 242 u. ff.) und ihrer Anhangsorgane (S. 255 u. ff.), Vorkommen von Idioblasten (S. 324) und

Fig. 375.



Querschnitt des Blattes von *Hyoscyamus niger* an der Mittelrippe. *t* Haare, *p* Palissaden, *m* Schwammparenchym, *sp* Spaltöffnung, *h* Holztheil mit beiderseits vorgelagertem Siebtheil *(s)* (Tschirch).

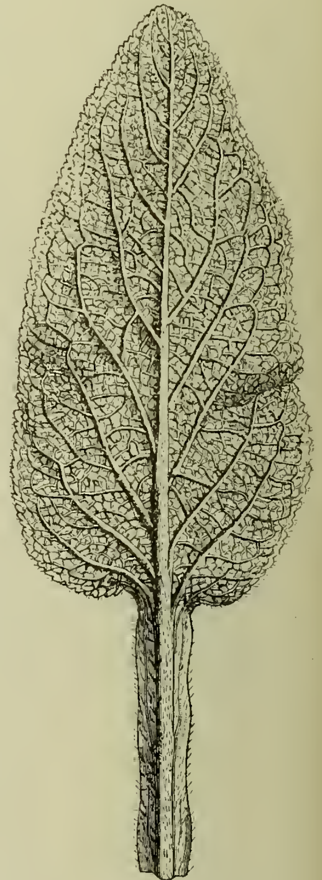
bemerkenswerther Zellinhaltsbestandtheile, bei der Erkennung und Unterscheidung vorliegender Blätter und Blattfragmente von entscheidender Bedeutung. Immerhin gehört es schon zu den schwierigen Aufgaben, Blattfragmente sicher zu diagnosticiren. Liegt nun gar ein Pulver vor, so wird, da das zarte Parenchym beim Pulvern in tausend Stücke zerbricht, die Unterscheidung noch schwerer, manchmal — wenn bemerkenswerthe Charakteristica an Epidermis und Zellinhalt fehlen — nahezu unmöglich.

Adolf Meyer[1]) und Lemaire[2]) haben die Anatomie der Blätter, besonders der Epidermis und der Trichome diagnostisch verwerthet.

Das Leitungssystem.

Da die von den Wurzelhaaren aufgenommenen Stoffe ebensowenig wie die in dem Assimilationssystem gebildeten, am Orte der Aufnahme und der Bildung auch verbraucht werden, so müssen beide zu den Orten des Verbrauches hingeleitet werden. Da ferner innerhalb der Pflanze fortdauernd nicht nur eine Umwandlung der Stoffe (Transmutation), sondern auch eine Stoffwanderung (Translocation) stattfindet, die Assimilate z. B. im Herbst nach den Reservebehältern transportirt und die Reservestoffe der letzteren bei der Keimung, respective dem neuerwachenden Leben im Frühling aus diesen nach den Vegetationspunkten geschafft werden müssen, so werden auch hierfür geeignete Vorrichtungen geschaffen werden müssen, die diese Leitung bewirken. Dazu kommt, dass auch noch in mannigfacher anderer Richtung, je nachdem der Bedarf an bestimmten Stellen es erheischt, Stoffe innerhalb der Pflanze von einem Ort zum anderen transportirt werden. Die Leitung aller dieser Stoffe bewirkt das Leitungssystem der Pflanze.

Fig. 376.



Blatt von *Digitalis purpurea* (Planchon).

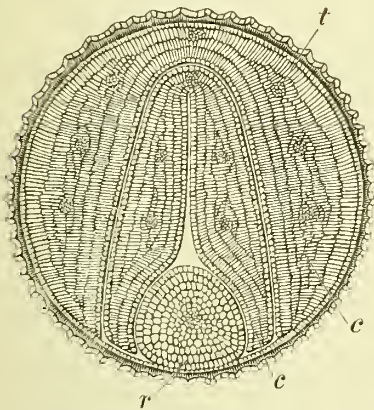
Die Stoffe, welche transportirt werden, sind die mannigfaltigsten. Die Wurzel nimmt Wasser und anorganische Stoffe (Nährsalze) auf und leitet sie nach oben, aus den Blättern kommt andererseits ein Strom von Kohlehydraten, ausserdem werden Eiweiss, Amide, Amidosäuren, Leucin, Tyrosin, Stoffe die zur Synthese der Eiweisskörper führen oder Abbauproducte des Eiweissmoleküls darstellen von einem Orte zum anderen transportirt. So mannigfaltig wie die Stoffe selbst, sind nun auch die Leitungsvorrichtungen. Bei allen kommt aber das Princip, alle Bewegungshindernisse auf ein möglichst geringes Maass zu reduciren und die daraus resultirende Tendenz der Streckung in der Leitungsrichtung zum Ausdruck, ja man kann sogar direct aus der Streckungsrichtung auf die Richtung der Bahn schliessen. Ein Elementarorgan wird um so vollkommener der Function der Leitung ent-

[1]) Anatom. Charakteristik officineller Blätter und Kräuter. Halle 1882.

[2]) Détermination histologique des feuilles médicinales. Paris 1882. Vergl. auch die Abbildungen in Vogl's Atlas und dem Atlas manuel von Godfrin und Noël.

sprechen, je länger es ist und je weniger es durch rechtwinklig zur Leitungsrichtung eingeschobene Querwände gefächert erscheint, respective je grösser die Durchlässigkeit etwa vorhandener Querwände ist, d. h. also je mehr es einem Leitungsrohre gleicht. Besonders die Elementarorgane, die dem Transport der enormen Wassermengen dienen, die die Pflanze braucht, aber zum grössten Theile durch Transspiration abgibt, müssen eine besonders leichte Wegsamkeit besitzen. Anderseits werden für das plastische Material[1]), bei dem eine viel geringere Strömungs-Geschwindigkeit und Intensität erforderlich ist, auch weniger vollkommene Einrichtungen genügen. Dies ist in der That der Fall. Das Wasser strömt in der Pflanze in den langen Gefässröhren und den durch reiche Tüpfelung besonders wegsam gemachten Tracheïden, die Kohlehydrate in dem reich gefächerten Parenchym, das stickstoffhaltige Material in den mit durchbrochenen Platten versehenen Siebröhren und vielleicht auch den relativ kurzen Cambiformzellen, sowie da und dort in den, freilich mehr den Gefässröhren gleichenden, Milchröhren. Das Leitungssystem zeigt demnach eine reiche Gliederung und zerfällt in ein System der Wasserleitung und in ein System der Leitung plastischer Baustoffe. Das System der Wasserleitung wird gebildet von den Gefässen, den Tracheïden und dem Leitparenchym, das System der Leitung der plastischen Stoffe von den Siebröhren, dem Cambiform, dem Leitparenchym und den Milchröhren.

Fig. 377.



Lupenbild eines Samenquerschnittes von *Sinapis nigra*. *r* Radicula, *c* Cotyledonen, *t* Procambiumstrang (Tschirch).

Den Anforderungen, die an das gesammte Leitungssystem gestellt werden, entsprechen die Gefässe, Siebröhren und Milchröhren durch erhebliche Längsstreckung, die Tracheïden durch reiche Tüpfelung, die Siebröhren durch offene Communication, (Löcher in den Querplatten), das Leitparenchym und das Cambiform durch dünne, leicht durchdringbare Wandungen.

Von den leitenden Elementen der Pflanze treten Gefässe, Tracheïden, Siebröhren und Cambiform der Regel nach zu besonderen Strängen zusammen, die wir Gefässbündel, Fibrovasalstränge, Mestom oder nach ihrer Function Leitbündel nennen und bei denen wir die wasserleitenden Elemente (Gefässe, Tracheïden) als Holztheil [Xylem[2]) Nägeli's ex parte, Gefässtheil (de Bary), Hadrom[3]) (Haberlandt)], die Leiter der plastischen Bildungsstoffe (Siebröhren und Cambiform) als Siebtheil, (de Bary) [Phloëm[4]) Nägeli's ex parte, Leptom[5]) (Haberlandt)] unterscheiden.

Die Gefässbündel durchziehen die ganze Pflanze. Sie ziehen sich von der Wurzelspitze durch den Stengel nach den Blättern und Blüthen hin. Sie dringen bis in die feinsten Blattabschnitte, in die Blüthenblätter,

---

[1]) Unter plastischem Material, plastischen Baustoffen (von πλάσμα das Gebildete) versteht man im Gegensatz zu dem Wasser und den anorganischen Substanzen alle organischen, zur Zellbildung verwendeten Stoffe, also sowohl das unlösliche Eiweiss, wie die löslichen und unlöslichen Kohlehydrate, Amide etc.

[2]) Von ξύλον Holz.

[3]) Von ἁδρός derb, grob.

[4]) Von φλοιός Rinde, Bast.

[5]) Von λεπτός dünn, zart.

Filamente, Carpelle, ja selbst den Samen (Cotyledonen, Radicula, Samenhaut, Nährgewebe, Testa), und nur das Endosperm und Perisperm entbehrt sie vollständig. Dabei communicirt das gesammte Bündelsystem in der ausgiebigsten Weise, in den Blättern direct durch Queranastomosen [1] (Fig. 376), im Stamm durch Quer- und Längsanastomosen (besonders in den Knoten) oder häufige seitliche Vereinigung zu Bündelringen und überall dort, wo seitliche Anastomosen in den oberirdischen Organen nicht oder nur in geringem Maasse aufzufinden sind, wenigstens durch Vereinigung mit dem Leitungssystem der Wurzel die Communication herstellend. [2] Diese Communication ist für die Stoffleitung, namentlich für den Stoffausgleich, ein weiteres wichtiges Moment. Eine offene Communication der Gefässe mit den Intercellularen, den Spaltöffnungen und Lenticellen — also dem Durchlüftungssystem (s. d.) — findet nicht statt (v. Höhnel).

Bei den vollkommensten Gefässbündeln treten zu den oben genannten Leitbündelelementen noch die parenchymatischen (Phloëmparenchym, Holzparenchym, Parenchymscheiden) hinzu.

Doch nur bei den höheren Pflanzen ist das Leitungssystem schon so hoch differenzirt, bei den Algen, Pilzen und Moosen ist es entweder noch gar nicht oder doch nur in viel unvollkommenerer Weise entwickelt, so dass der Fortschritt in der Differenzirung der Gewebe unverkennbar hervortritt.

Entwicklungsgeschichtlich ist das Leitungssystem ebensowenig einheitlich wie das mechanische. Die Gefässbündel gehen aus primären Cambiumsträngen hervor (Procambiumstränge, Procambiumbündel [Sachs], Initialstränge [de Bary]). Solche Procambiumstränge finden sich an dem Stamm- und Wurzelscheitel, aber auch die Cotyledonen (besonders die später blattartig werdenden) enthalten sie fast ausnahmslos (*Bohne*, *Cacao*, Fig. 202 *pc*). (Vergl. oben S. 240.) Bisweilen entstehen kleinere Gefässbündel aus Grundmeristem durch Vermittlung von Folgecambium (S. 239). Die Ausbildung der Gefässbündelelemente geht succedan vor sich. Die zuerst gebildeten Elemente nennt man Erstlinge (de Bary) oder nach Russow Protoxylem, beziehentlich Protophloëm (Protoleptom). Das Leitparenchym (Parenchymscheiden, Rinden- und Markparenchym, primäre Markstrahlen) mit Ausnahme des zum Holz und Siebtheil gehörigen, geht aus dem Grundmeristem hervor. Holzparenchym, secundäre Markstrahlen und Epenparenchym sind cambialen Ursprunges. Die Schutzscheide geht aus dem Coleogen (Haberlandt) hervor. (Vergl. S. 235 u. ff.)

Die Elemente der Wasserleitung.

Durch den an jeder dicotylischen Holzpflanze leicht auszuführenden Versuch der „Ringelung" [3] kann man sich jederzeit überzeugen, dass die Strömungsbahn des Wassers der Holzkörper ist. Trägt man nämlich an einer circumscripten Stelle die Rinde ringsum bis zum Cambium ab, so bleibt, wenn bei der betreffenden Pflanze der Markkörper geschwunden ist, für die Wasserleitung nur der Holzkörper übrig und es zeigt sich alsdann, dass diese Leitung auch trotz der Ringelung vollständig ungehindert von Statten geht. Wir sind demnach vollständig berechtigt, die Elemente des Holzkörpers — Gefässe und Tracheïden [4] — als die Wasserleitungsorgane

[1]) Offene Verbindungen, von ἀναστομόω mit einer Mündung versehen, öffnen.

[2]) Nach den Untersuchungen Wieler's hat jedoch jedes Blatt von der Wurzel her seinen besonderen Zuleitungsstrang und die Queranastomosen treten nur im Nothfalle in den Betrieb ein.

[3]) Vergl. Hartig, Bot. Zeit. 1863, S. 286.

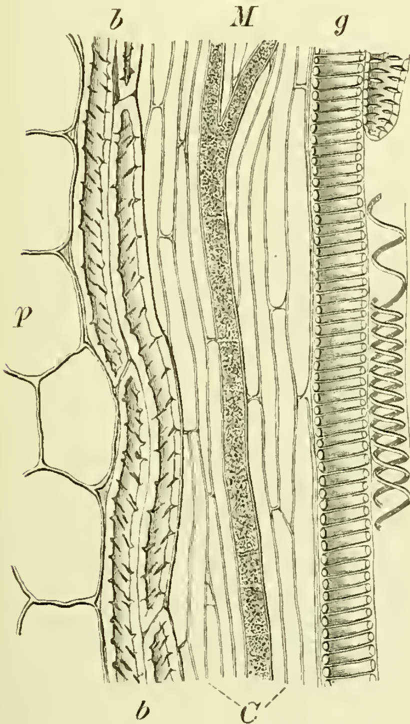
[4]) Dieselben werden von Potonié unter dem Namen Hydrom (von ὕδωρ Wasser, also Wasserleitungsgewebe) zusammengefasst.

par excellence zu betrachten. Welches von beiden diese Leitung bewirkt oder ob beide gemeinsam leiten, ist ebensowenig bisher sicher zu stellen gewesen, wie die Frage noch offen ist, ob die Leitung im Zelllumen oder in der Zellmembran vor sich geht und wie der Mechanismus des Leitungsvorganges zu erklären ist.

Nach den neueren Versuchen von ELFVING, RUSSOW u. And. scheint es jedoch mehr als wahrscheinlich, dass die Leitung im Lumen stattfindet, und dass die Schliesshaut der behöften Tüpfel als Klappenventil fungirt.

Dass die Gefässe und Tracheïden, besonders erstere Wasserleitungsorgane sind, ergibt sich auch daraus, dass sie bei Pflanzen, die reichlich Wasser zur Verfügung haben, wie z. B. die Wasserpflanzen, nur gering ausgebildet *(Elodea)*, bei den Schlingpflanzen mit dünnem und sehr langem Stengel, bei denen das Wasser auf weite Strecken zu leiten ist, aber in grosser Zahl und beträchtlicher Weite entwickelt werden *(Smilax)*.

Fig. 378.



Fructus Papaveris (Papaver somniferum). Theil eines Gefässbündels im Längsschnitt. *g* Spiralgefässe, *M* Milchröhre, *b* Bastzellen, *p* Parenchym (Vogl).

Die Gefässe scheinen vorwiegend Wasserlieferung auf weite Entfernungen zu besorgen, die Tracheïden dagegen in erster Linie localen Bedürfnissen zu genügen (SCHWENDENER). Damit steht ihr Bau im Einklang. Das Wasserleitungssystem der Moose besteht aus rudimentären Tracheïden, bei den Gefässcryptogamen und Gymnospermen nur aus Tracheïden und erst die höheren Pflanzen zeigen eine Differenzirung in Gefässe und Tracheïden.

Die Gefässe.

Die Gefässe (Tracheen [1]), Spiroïden, Röhren, Gefässröhren, Vasa, Fistulae) sind niemals echte Zellen, sondern entstehen dadurch, dass die Querwände einer über einander liegenden Reihe von Zellen mehr oder weniger vollständig resorbirt wurden. Dadurch unterscheiden sie sich in erster Linie von den Tracheïden. [2]) Die Resorption der Querwände der ursprünglich getrennten Zellen findet erst mit Vollendung der Wandverdickung statt und bleiben die Grenzen der einzelnen Zellen, welche zu einem Gefässe verschmelzen, auch nach dieser Verschmelzung noch als „Glieder" des Gefässes erkennbar. Sehr deutlich gegliederte Gefässe finden sich z. B. bei *Rad. glycyrrhizae* (Fig. 380), *althaeae, Lign. guajaci* u. and. Ihre Grenzen werden durch einen Randwulst bezeichnet, der ringförmig an der Innenwand des Gefässes herumläuft und häufig ausser der Intercellularsubstanz noch beiderseitige Verdickungsschichten erkennen lässt. Durch Maceration mit chlorsaurem Kali

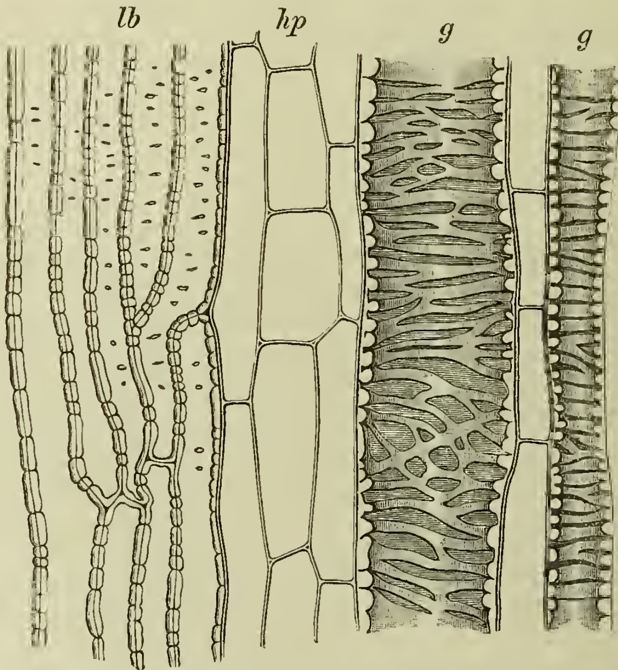
---

[1]) Nach den thierischen Tracheen benannt, da man sie fälschlich als Durchlüftungsorgane auffasste, ursprünglich von τραχύς rauh, hart, uneben, abgeleitet.

[2]) DE BARY fasst Gefässe und Tracheïden unter dem gemeinsamen Namen Tracheen zusammen.

und Salpetersäure, durch welche Manipulation die Intercellularsubstanz gelöst wird, lassen sich daher die einzelnen Glieder der Gefässe isoliren. Die Gestalt der Gefässglieder ist in der Regel eine cylindrische, bisweilen jedoch ist die Mitte jedes Gliedes tonnenförmig (Vasa moniliformia) erweitert. Die Länge des Gliedes übertrifft für gewöhnlich den Querdurchmesser, bei Ring- und Spiralgefässen, die nachträgliche Streckungen erfahren, sogar sehr erheblich (Fig. 378), während erst später angelegte Gefässe, z. B. viele getüpfelte, relativ kurze Glieder besitzen, die oft kaum länger als breit oder gar breiter als lang sind (Fig. 380). Successive Glieder eines Gefässes pflegen gleich gestaltet zu sein. Die Querwände der Zellen, die zu einem Gefässe verschmelzen, sind entweder horizontal, so dass die Glieder des Gefässes genau aufeinander passen, oder sie sind mehr oder weniger geneigt, dabei können die successiven Glieder ebenfalls aufeinander passen, die Neigungen der beiden Querwände also

Fig. 379.



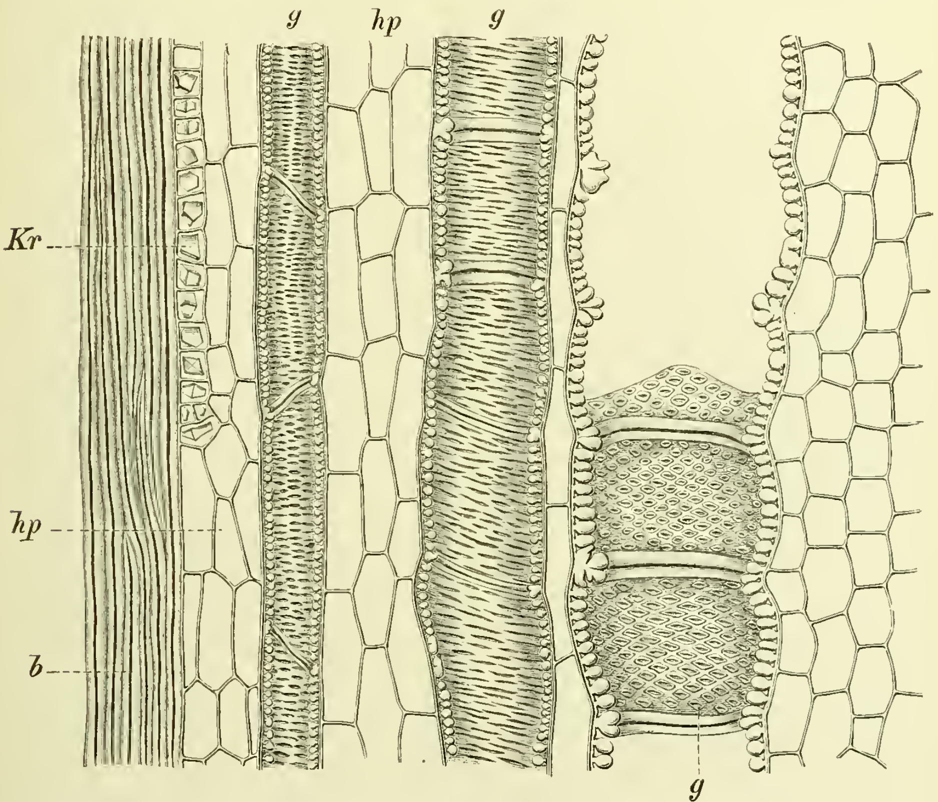
Längsschnitt durch den Gefässtheil des Rhizoms von *Inula Helenium (Rad. helenii). g* Gefässe mit Leiter- und Netzleistenverdickungen, *hp* Holzparenchym, *lb* Libriform mit Spaltentüpfeln (Tschirch).

äquivalente sein, oder aber die Enden der Zellen sind schräg zugespitzt und nur ein Theil der gegen einander geneigten Flächen der successiven Glieder ist zur Zwischenwand vereinigt und der Rest bildet einen spitzen Fortsatz. Die Perforation der Querwand geschieht stets in der Weise, dass „auf der primären, zarten Membran durch den typischen Verdickungsprocess ein oder mehrere flache, grosse Tüpfel gebildet, die unverdickten Membranstücke dann sofort aufgelöst werden und verschwinden, die mit den Verdickungen der Seitenwand in ununterbrochenem Zusammenhang stehenden verdickten Membranstreifen aber zeitlebens erhalten bleiben". Sind die Querwände, welche durchbrochen werden, horizontal gestellt, so entsteht der Regel nach, nur eine runde oder ovale Oeffnung *(Rad. pimpinellae, Glycyrrhizae* (Fig. 380), *Lign. guajaci)* — bei der *Angelicawurzel* beobachtete ich dagegen einige Mal an Querwänden leiterförmige

Durchbrechung — sind sie dagegen geneigt, so entstehen meist mehrere, durch verdickte Streifen von einander getrennte, Oeffnungen, leiterförmig durchbrochene Zwischenwände (bei vielen *Betulaceen*, *Corylus*, *Styrax Benzoïn*, *Dichopsis*, Wurzel von *Veratrum* [Fig. 383]); bei *Rad. gentianae*, *Rhiz. tormentillae* u. and. (Fig. 384) ist oft eine schräg gestellte Querwand rundlich perforirt.

Bei spiralig oder ringförmig verdickten Gefässen geschieht die Perforation für gewöhnlich in Form runder Löcher. Bei Tüpfelgefässen oft in Leiterform, doch nicht immer. So z. B. besitzen die Tüpfelgefässe der *Glycyrrhiza* rundliche Durchbrechungen und die spiraligen von *Vitis*, *Olea europaea* leiterförmige (Sanio).

Fig. 380.



Längsschnitt durch den Holztheil eines Ausläufers von *Glycyrrhiza glabra* (*Rad. glycyrrhizae*). *g* Gefässe mit behöften Tüpfeln und geraden und schiefen Querwänden, *hp* Holzparenchym, *b* Libriform (Tschirch).

Der Rand der Zwischenwandöffnung ist bei den meisten Spiral- und Ringgefässen platt, bei dickwandigen Gefässen ist er dicker und zeigt hier oft den Bau eines durch Verschwinden der breiten Schliesshaut geöffneten Hoftüpfelpaares (*Glycyrrhiza*, Fig. 380), besteht also aus zwei mehr oder weniger spitzwinkelig divergirenden Lamellen. In der That entsteht hier die Oeffnung durch Schwinden einer sehr breiten Grenzlamelle eines Hoftüpfelpaares.

Bisweilen kommt es vor, dass bei einer Pflanze da und dort, oder bei einigen ganz regelmässig überall, die Durchbrechung unterbleibt. Consequenterweise kann man in diesen Fällen nicht mehr von Gefässen, sondern muss von gefässartig übereinander stehenden Tracheïden reden.

Ausserordentlich charakteristisch für die Gefässe ist die ausnahmslos eintretende eigenartige Verdickungsweise der Membran (vergl. auch oben S. 158). Die nicht oder nur schwach verdickte Wandpartie der Gefässe ist stets eine sehr zarte, oft unmessbar dünne Haut. Wenn die Verdickung an ringsumlaufenden ringförmigen Membranstellen eintritt, also eine Ringverdickung gebildet wird, so spricht man von einem Ringgefäss, oder einer Ringfasertrachee (Stengel von *Conium, Rhiz. podophylli*), erfolgt die Verdickung in spiralig umlaufenden Partien, so spricht man von einem Spiralgefäss oder einer Spiralfasertrachee *(Bulb. scillae*, Fig. 27), Stengel von *Conium, Fruct. Ceratoniae*, Corolle fast aller Blüthen (Fig. 29), Hypanthium der *Feige, Fruct. papaveris* (Fig. 378), Blatt von *Citrus vulgaris, Hyoscyamus, Rad. gentianae, Maisstengel)*, erfolgt sie in netzartig verbundenen Streifen, von einem Netzgefäss, leistenförmig verdicktem Gefäss, einer Netzfasertrachee *(Rad. gentianae, Glycyrrhizae, Pimpinellae, Taraxaci, Levistici, Angelicae, Enulae* [Fig. 379], *Rhiz. Rhei* [Fig. 123], *Rhiz. tormentillae)*. Diese drei Formen fasst de Bary als Fasertracheen zusammen und stellt diesen die getüpfelten oder punktirten Tracheen gegenüber *(Siliqua dulcis, Benzoë, Dichopsis, Rad. glycyrrhizae*, Fig. 380, *Rad. Cichorii*, Fig. 381, *Tub. Jalapae*, Fig. 382).

Die Formen, besonders die der Fasertracheen gehen bisweilen in einander über, so findet man z. B. in krautigen Stengeln oft ein Gefäss das unten ringförmig verdickt ist und nach oben zu in ein spiralig verdicktes übergeht.

Die Verdickungsleisten sind in allen Fällen als mechanische Aussteifungseinrichtungen der im Uebrigen zarten Gefässröhren aufzufassen, die schon deshalb erforderlich sind, weil das Gefäss, da es — als nicht mehr activ lebensthätiges Element — auch keinen Turgor entwickelt, ohne dieselben unweigerlich von dem benachbarten turgescenten Gewebe zusammengedrückt werden würde, wie dies z. B. bei den nicht ausgesteiften Siebröhren stets geschieht, wenn sie ihren Inhalt, also auch ihren Turgor verlieren (s. unten Keratenchym).

Die Verdickungsleisten springen meist als abgerundete Streifen von nahezu quadratischem Querschnitt in's Innere vor. (Siehe oben S. 158.) Bei den Spiral- und Ringgefässen lassen sich die Verdickungsleisten leicht herauspräpariren. So lösen sich, indem die zarte Gefässwand zerreisst, namentlich die Spiralbänder bei dünnen Längsschnitten oft auf weite Strecken ab (Abrollbarkeit der Spiralgefässe [Fig. 128, 174]).

Die Spiralgefässe besitzen entweder nur ein Spiralband, oder es liegen darin mehrere 2 (Fig. 378), 4, ja 16—20 in einer Gefässröhre neben einander. Auch die Steilheit der übrigens meist rechtsläufigen [1]) Spiralen variirt sehr. Die früh angelegten Gefässe pflegen in Folge der nachträglichen Streckung der Gefässröhre stets steile, die nach vollendeter Streckung angelegten, sehr enge Spiralen zu besitzen. Bisweilen anastomosiren die einzelnen Spiralfasern eines Gefässes durch Querstreifen.

Der Abstand der Ringe eines Ringgefässes ist ein sehr verschiedener. Nicht selten setzt sich ein Ring direct an eine Spirale an.

Sind die Verdickungsleisten weder ringförmig noch spiralig umlaufend, sondern nur als kurze, einen Theil des Umfanges einnehmende Leisten entwickelt, so spricht man, wenn die Leisten anastomosiren, von Netzgefässen (s. oben), wenn sie dagegen leiterförmig übereinander in Reihen liegen, von Leiter- oder Treppengefässen *(Rad. sarsaparillae, pimpinellae, colombae, Taraxaci, Althaeae, Angelicae, Lign. Quassiae, Rhiz. calami, veratri* [Fig. 383]).

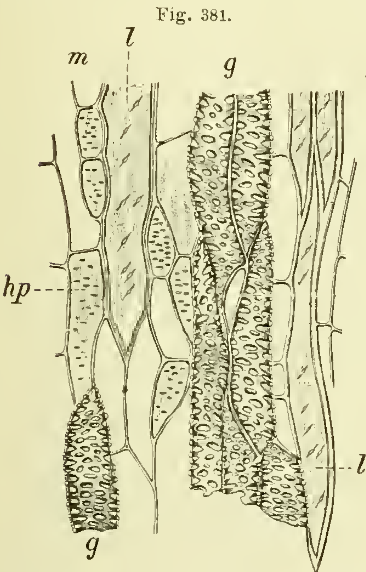
[1]) Linksläufige finden sich bei *Vitis vinifera, Berberis vulgaris, Artemisia Abrotanum* (de Bary).

Oftmals besitzen bei letzteren die Leisten auf weite Strecken die gleiche Breite, verjüngen sich dann aber an einer Stelle allmälig, während sich die der benachbarten Leiter entsprechend verbreitern (Fig. 383). Die Leitergefässe zeigen oft eine, den einzelnen Leitersprossreihen entsprechende, schwach-eckige Ausbildung des Querschnittes *(Rad. sarsaparillae, taraxaci, levistici)*. Die Zahl der Sprossreihen variirt, beträgt bei engen Gefässen meist nur 4, bei weiten *(Rad. sarsaparillae)* bis 10.

Zwischen den Netzfasertracheen, den Leiter- und Treppengefässen einerseits und den getüpfelten andererseits, gibt es mannigfache Uebergänge. Man braucht sich ja nur zu denken, dass die Verdickungsleisten immer mehr an Umfang zu- und die verdünnt bleibenden Membranstellen entsprechend an Umfang abnehmen, um von einem Netzgefäss zu einem getüpfelten zu gelangen (Fig. 380). So sind z. B. bei *Rhiz. tormentillae* die Leisten so breit, dass nur schmale, spaltenförmige, unverdickte Streifen (Tüpfel) übrig bleiben.

Wie schon oben (Seite 162) erwähnt, sind die Tüpfel sowohl der Gefässe wie der Tracheïden behöfte, mit bald rundem, bald ovalem, bald spaltenförmigem, wohl stets durch eine Schliesshaut (die primäre Membran) geschlossenen Porus.[1] Der Tüpfelhof ist, wie bei allen behöften Tüpfeln, auch bei denen der Gefässe grösser als die Mündung des Tüpfels nach Innen. Die behöften Tüpfel benachbarter Gefässe correspondiren mit einander. Ebenso die Tüpfel der Gefässe und der benachbarten Tracheïden. In beiden Fällen entstehen „zweiseitige Hoftüpfel“. Grenzen Gefässe an Parenchymzellen (Holzparenchym), so ist nur das Tüpfel des Gefässes behöft und es entsteht ein „einseitiges Hoftüpfel“.

Fig. 381.



Gefässtheil der *Cichorienwurzel* (Tangentialschnitt). *g* Gefässe (kurze „Glieder“ mit steiler Querwand), *l* Libriform, *hp* Holzparenchym, *m* Markstrahl. Vergr. 160. (Möller).

Die Tüpfel der Gefässe liegen entweder dicht bei einander, in diesem Falle erscheint der Tüpfelhof alsdann oft von polygonalem (rhombischem) Umriss (grosse Gefässe der *Rad. glycyrrhizae*, Fig. 380, 381), seltener sind sie rundlich *(Lign. guajaci)* oder sind mehr oder weniger von einander getrennt, und in verticalen, horizontalen oder (besonders bei spaltenförmigem Tüpfelcanal) linksläufigen Spiral-Reihen angeordnet oder (selten) ohne Regel über der Wand vertheilt. Breite, querspaltenförmige Hoftüpfel, mit breiten, gestreckten Spalten in Reihen übereinander stehend, finden sich (besonders bei vielen Dicotylenhölzern) häufig. Die mit ihnen ausgerüsteten Gefässe sehen den echten, leiterförmig verdickten ähnlich, müssen aber von diesen „quermaschigen Netztracheen“ als behöfte Treppengefässe unterschieden werden, da jene nicht behöfte Tüpfel besitzen. Es ist aber nicht immer leicht, ein netzleisten- oder leiterförmig verdicktes Gefäss von einem Treppengefässe mit langen behöften Spaltentüpfeln zu unterscheiden.

Das behöfte Tüpfel erscheint dadurch für wasserleitende Gewebe besonders geeignet und vortheilhaft, dass es die Diffusionsfläche möglichst vergrössert, ohne die Festigkeit der Wand mehr als nöthig zu beeinträchtigen (Schwendener).

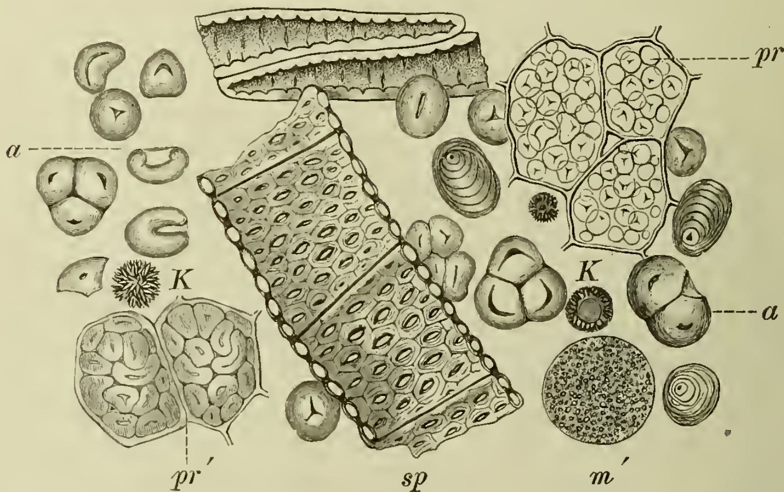
---

[1]) Vergl. besonders Mohl, Ueber den Bau der getüpfelten Gefässe. Vermischte Schriften, S. 272.

Die primären Gefässe pflegen spiralig oder ringförmig verdickt zu sein, die secundären leiterförmig, beziehentlich netzig verdickt oder getüpfelt zu sein *(Rhiz. curcumae, Rhiz. podophylli).*

Nicht selten sind die Gefässe verzweigt, d. h. es setzen sich an ein Gefässende zwei Gefässglieder an. Die Länge der Gefässe ist meist eine beträchtliche und kann die Länge des ganzen Pflanzenkörpers erreichen. Von Knoten zu Knoten durch ein ganzes Internodium reichende Gefässe sind etwas ganz gewöhnliches. Blinde Enden finden sich gewöhnlich nur an der Peripherie der Organe. Die Weite der Gefässe wechselt ausserordentlich. Die Gefässe der primären Bündel der Wurzeln und Stengel pflegen eng zu bleiben, ebenso alle vor vollendeter Streckung der Organe angelegten; die nach vollendeter Organsstreckung ausgebildeten sind dagegen der Regel nach weiter, doch finden sich auch hier neben weiten, enge. Bei

Fig. 382.



Tub. Jalapae (Ipomoca Purga). Elemente des Pulvers, *sp* Gefässfragmente, *pr* stärkeführendes Parenchym (bei *pr'* verquollen), *K* Kristalldrusen, *m'* Milchsafttropfen, *a* Stärke (Vogl).

				Mik.
Rad. pimpinellae	sind die primären	5—7,	die secundären	13—45
Rad. ononidis	„ „ „	10—15	„ „	30—135
Rad. sarsaparillae	„ „ „	10—20	„ „	40—200
Rad. glycyrrhizae	„ „ „	8—40	„ „	100—150

weit.

Die Weite beträgt bei:

	Mik.
Quercus, Holz	200—300
Ulmus „	158
Fraxinus „	140
Tilia „	60
Pinus „	40
Lign. quassiae surin.	13—51
Lign. quassiae jamaic.	50—215
Styrax Benzoin (Holz)	65—100
Rhiz. enulae	10—80
Rad. gentianae	8—55
Rad. pimpinellae	13—45
Rad. taraxaci	10—45

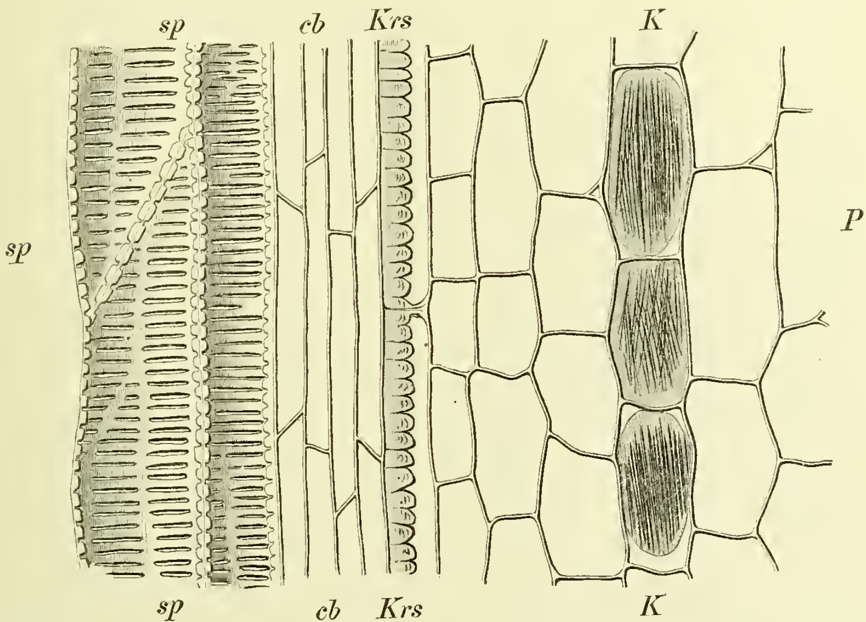
	Mik.
Rad. levistici	25—70
Rad. senegae	15—35
Rad. angelicae	27—56
Caryophyllus (Hypanthium)	4—11
Matricaria Chamomilla (Corolle)	5
Cacaosamenschale	5—10

Die weitesten Gefässe hat also der Holzkörper der Stämme, dann folgen die Wurzeln; sehr enge finden sich in den Blüthenorganen und den Samen.

Besonders die Schlinggewächse zeichnen sich durch weite Gefässe aus, 200—700 Mik. sind gar nicht seltene Werthe.[1]) In der Wurzel von *Smilax* besitzen sie oft eine Weite von 200 Mik.

Diese weiten Gefässe sind meist kurzgliederige Tüpfelgefässe (DE BARY) oder leiterförmig verdickte.

Fig. 383.



Partie aus dem Längsschnitt einer *Wurzel* von *Veratrum album*. *P* Parenchym, *K* Raphidenschläuche, *Krs* Endodermis, *sp* Leiter-Gefässe mit schiefer Querwand (Vogl).

Der Querschnitt ist meist rundlich oder oval. Schmale Gefässe sind immer rund, breitere oft oval oder (wenn leiterförmig verdickt) rundlich-eckig (S. 333). Wenn mehrere Gefässe neben einander liegen, beeinflussen sie gegenseitig durch Abplattung an den Berührungsstellen ihren Querschnitt (Fig. 242, 301).

Die Wandung der Gefässe ist ausnahmslos verholzt. Bisweilen sind sie (z. B. bei *Rad. angelicae)* die einzigen verholzten Elemente des Querschnittes. Die Verholzung der Wand beginnt, wie ich oftmals sah, sehr frühzeitig, bei den Dicotylen schon unmittelbar nachdem sie im Verdickungsringe angelegt sind (BURGERSTEIN).

Der Inhalt der Gefässe besteht in der lebenden Pflanze aus einer

[1]) Nach WESTERMAIER und AMBRONN bei

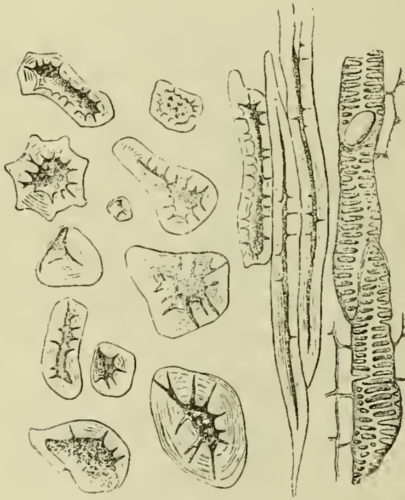
Hypnanthera guapeva	600—700
Calamus Rotang	350
Aristolochia sp.	140.

wässerigen Lösung (Wasser), Wasserdampf und Luft (VOLKENS). Bei den Laubhölzern ist mindestens $^1/_3$, oft gar $^2/_3$ des Lumens mit Wasser gefüllt; Wasserdampf und Luft sind verdünnt, stehen also unter negativem Druck. Schneidet man daher einen Zweig unter Quecksilber ab, so schiesst das Quecksilber (bisweilen 70 Cm.) in die Gefässe hinein.

Im Frühjahr führen die Gefässe der in dem Leitparenchym des Holzkörpers Stärke führenden Holzpflanzen eine Zuckerlösung, die aus dem benachbarten Leitparenchym in die Gefässe gepresst wurde und der dort aufgelösten Reservestärke entstammt. Der Blutungssaft von *Acer saccharinum* enthält 3·57% (CLARK), der von *Acer platanoides* 1·15—3·44% (SCHRÖDER) Rohrzucker.

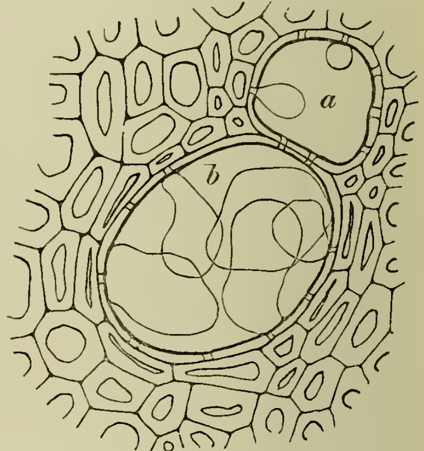
Der Plasmaschlauch ist schwer oder gar nicht, jedenfalls nur durch Tinctionsmittel nachzuweisen. Bei Pflanzen, welche reich an Secreten (Milchsaft [1]), Harzen, Gerbstoff) sind, finden sich merkwürdigerweise auch bisweilen in den Gefässen diese Secrete da und dort (bei *Myroxylon Pereirae*, *Styrax Benzoin* Harz, bei *Dichopsis* Milchsaft), ja auch in secretfreien Pflanzen *(Quassia)* findet man in den Gefässen bisweilen Ausfüllungen von noch zu untersuchendem chemischem Charakter. Wie sie dahin gelangen, bleibt zu untersuchen. Bei *Phaseolus* findet sich bisweilen eine Gerbstofflösung in den Gefässen. Auch Stärke hat A. FISCHER [2]) neuerdings, wiederholentlich in Gefässen nachweisen können. Die Ausfüllungen, die sich im Kernholz und in den älteren Splintschichten in den Gefässen finden (Kernharz, Kerngummi), sowie die Ausfüllungen im Wundholz (Wundharz, Wundgummi, vergl. S. 212) gelangen von den Nachbarzellen in das Gefässlumen. Diesen Ausfüllungen in physiologischer Beziehung äquivalent, d. h. als Verschlusseinrichtungen aufzufassen, sind die sogenannten Thyllen. [3]) Dieselben entstehen

Fig. 384.



Sclereïden, Bastzellen und Gefässbündel-Elemente aus Nelkenstielen durch Schulze'sche Maceration isolirt. — Vergr. 160 (Möller).

Fig. 385.



Gefässe aus dem secundären Holze von *Balsamea abyssinica* mit Thyllen. *a* Anfangsstadium (Tschirch).

[1]) Z. B. bei *Chelidonium* und vielen Milchsaft führenden Wurzeln (TRÉCUL, Compt. rend. 1867, S. 78). Eine Communication der Gefässe mit den Milchröhren findet nicht statt. Der Milchsaft filtrirt offenbar durch die Wand, da die Gefässe unter negativem, die Milchröhren unter positivem Drucke stehen.

[2]) Bot. Zeit. 1885.

[3]) Von θύλλις Sack, Beutel; der Name rührt von einem Ungenannten (Bot. Zeit. 1845, S. 225) her. Ueber den Gegenstand vergl. REES, Bot. Zeit. 1868. — UNGER, Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1867. — BÖHM, Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1867. Vergl. auch DE BARY, Anatomie, S. 178.

dadurch, dass sich eine oder mehrere dem Gefässe benachbarte Parenchymzellen[1]) durch ein Tüpfel der Wand des ersteren hindurch in das Gefässlumen einstülpen, sich dort sackartig vergrössern (Fig. 385) und die so gebildeten rundlichen Blasen sich — wenigstens bisweilen — durch eine Wand gegen die betreffenden Parenchymzellen abgliedern. Oft treten an mehreren Stellen des Gefässes Thyllen auf, ja das Gefässlumen kann auf eine Strecke hin vollständig von diesen, dann sich gegenseitig abplattenden Blasen erfüllt sein. Bisweilen findet sich in der Thylle Stärke *(Balsamodendron abyssinic.)*.

Thyllenbildung ist beobachtet bei *Monocotylen (Arundo Donax, Strelitzia, Palmen)*, im Holze vieler *Dicotylen*, sowohl im einjährigen Stengel *(Cucurbita, Bryonia, Cucumis, Solanum tuberosum)*, als auch besonders im mehrjährigen Holz, wo sie (nach Rees und de Bary) zu den sehr verbreiteten Erscheinungen gehören (z. B. bei *Vitis, Quercus, Robinia)*, bei Wurzeln krautiger Pflanzen sind sie ebenfalls beobachtet worden. Sie pflegen besonders in Tüpfelgefässen aufzutreten, aber auch in anderen sind sie beobachtet worden.

In allen Fällen bewirken sie einen Verschluss, was besonders bei den an Wundstellen entstehenden Thyllen klar hervortritt. Die im Innern auftretenden schalten die betreffenden Leitungsröhren aus dem Saftverkehr aus, wie die Ausfüllungen im Kernholze und die Obliteration im Siebtheil (S. 345) und stehen vielleicht in Beziehung zu den Ausschaltungen, die nach Wieler's Auffassung, der jedem Blatte eine besondere Zuleitungsbahn zuschreibt, eintreten müssen, wenn dieses Blatt abstirbt.

Jedenfalls erscheint es bemerkenswerth, dass die Pflanze bei den ausgesteiften, nicht zusammendrückbaren Gefässen, wenn sie dieselben aus dem Saftverkehr ausschliessen oder nach Aussen abschliessen will, verschiedene Verschlusseinrichtungen anwendet, nämlich: Harz- oder Gummipfropfen, oder Thyllen, während sie sich bei den Siebröhren mit weichen, nicht ausgesteiften Wandungen ganz allgemein der viel einfacheren Methode des Verschlusses durch Zusammendrücken (Obliteriren) bedient, die zur Entstehung des Keratenchyms (Hornprosenchyms Wigand's) führt. (Siehe unten S. 345.)

Es scheint übrigens im Stamme der dicotylischen Holzpflanzen nur ein kleiner Theil des Holzquerschnittes, ja sogar nur ein Theil des Splintes leitungsfähig zu sein, der Rest ist ausgeschaltet, das Kernholz jedenfalls vollständig.

Bei dem charakteristischen Bau und dem allgemeinen Vorkommen der Gefässe sind dieselben von allen Elementen des Querschnittes von Drogen und anderen Handelswaaren zuerst aufzufinden. Ihre Form, Grösse, Weite, Wandverdickung, Lagerung, ihr Auftreten und Fehlen bilden gewichtige Anhaltspunkte bei der Diagnose einer Droge oder eines Drogenpulvers. Endosperme und Perisperme sind durch das stete Fehlen von Gefässen ausgezeichnet, ebenso der Rindenkörper dicotyler Pflanzen. In Wurzeln- und Stengelorganen, mit Ausnahme der Coniferen, wird man sie stets, sowohl im Querschnitt durch ihre relative Weite, als im Längsschnitt durch ihre Wandsculptur auffinden. Letztere ermöglicht auch ihre Auffindung selbst in den feinsten Pulvern (Fig. 123, 331, 382). Bei den Cotyledonen pflegen sich die Gefässe erst bei der Keimung aus den Elementen der Procambiumstränge zu differenziren.

Die Tracheïden.

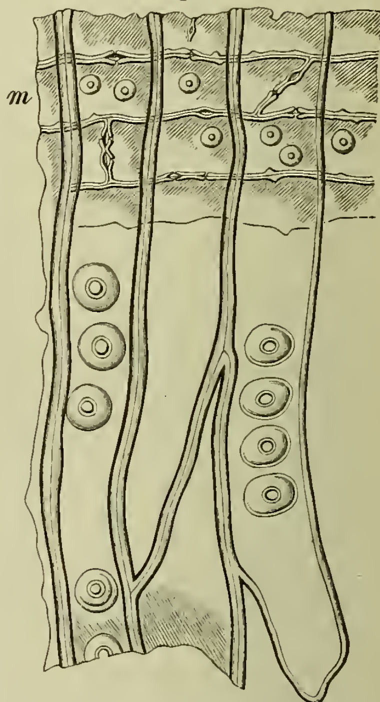
Die Tracheïden[2]) (Holzzellen) unterscheiden sich dadurch von den Gefässen, dass sie niemals durch Zellfusion entstehen, sondern stets echte

[1]) Nach Molisch entsteht die Thylle nur durch starkes Flächenwachsthum der Tüpfelschliesshaut.

[2]) Von Trachee und εἶδος ähnlich.

Zellen sind. Ihre Gestalt ist für gewöhnlich eine prosenchymatische, d. h. sie sind langgestreckt (ihr Längsdurchmesser übertrifft bei Weitem den Querdurchmesser), an den Enden zugespitzt, also spindelförmig, im Querschnitt rundlich oder polygonal. Selten sind sie kurz oder nahezu isodiametrisch (Gefässbündelendigungen, Transfusionsgewebe, Querbalkentracheïden). Im Holze der *Dicotylen* erreicht ihre Länge oft 160 Mik. bis 1 Mm.[1]), bis auf 4 Mm. steigt sie im Holze von *Pinus* (Fig. 386). Höhere Werthe gehören zu den Seltenheiten. Aber gerade einige sehr weite tracheale Elemente, besonders solche mit faserförmiger Wandverdickung, wie die von *Musa, Canna, Nelumbium, Nuphar luteum, Nymphaea alba, Sagittaria*[2]) und der Farne, sind nicht Gefässe, sondern Tracheïden, so z. B. die grössten, meist als Gefässe beschriebenen Elemente der Gefässbündel des *Rhiz. filicis* (Fig. 423 *fv*). Ueber die Zugehörigkeit eines trachealen Elementes zur Kategorie der Gefässe oder Tracheïden kann nur die Entwicklungsgeschichte entscheiden. Wo Resorption von Querwänden nicht stattfindet, müssen wir das betreffende Element stets als Tracheïde bezeichnen, sei es auch noch so lang und weit.

Fig. 386.



Tracheïden des Fichtenholzes mit behöften Tüpfeln. *m* Markstrahl-Tracheïden.

Wohl die meisten Elemente des Wasserleitungssystems sind Tracheïden. Im Holze der *Coniferen* (Fig. 386, 387 u. 388) und *Cycadeen* fehlen Gefässe sogar ganz, ebenso gewöhnlich in den Gefässbündelendigungen der Blattnerven, aber auch der secundäre Holzkörper der *Dicotylen* besteht oft der Hauptmasse nach aus Tracheïden.

Die Wandverdickung der Tracheïden ist eine ganz ähnliche wie die der Tracheen, auch hier finden sich behöfte Tüpfel, auch hier treten leistenförmige Verdickungen auf. Einfache spaltenförmige, linksschiefe Tüpfel fehlen, und dadurch kann man leicht die Tracheïden von den sonst ähnlich gestalteten Libriformzellen (s. oben S. 297) unterscheiden.

Eine besondere Form der Verdickung findet sich in den Querbalkentracheïden des sogenannten Transfusionsgewebes[3]) der *Coniferen*-Blätter. Die Nerven dieser Blätter sind nämlich nicht verzweigt, beziehentlich gegabelt. Als Ersatz dafür ist, um eine ausgiebigere Wasserversorgung des Blattes, als sonst erreichbar wäre, zu ermöglichen, beiderseits an den Gefässtheil des Nerven ein in das Blattgewebe hineinragender Tracheïdensaum angefügt (Fig. 389). Derselbe begleitet das Bündel der Länge nach und besteht aus nahezu isodiametrischen Zellen, die in das Lumen der Zelle hineinragende oder dasselbe quer durchspannende Zapfenbalken oder leistenförmige Vorsprünge besitzen (Fig. 389 *t*), wenn das Bündel unbe-

---

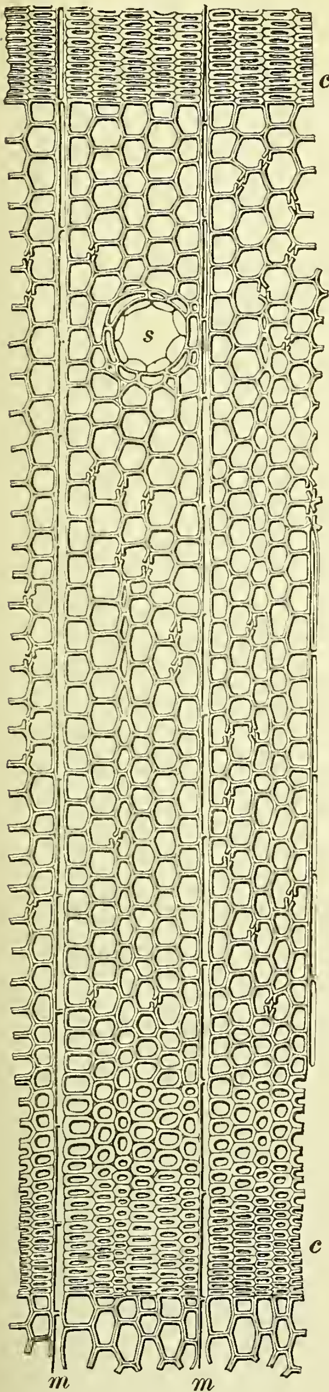
[1]) Sanio, Bot. Zeit. 1863, S. 114.

[2]) Vergl. besonders Caspary, Monatsber. d. Berl. Akad. 1862.

[3]) Von Frank (Bot. Zeit. 1864) zuerst beschrieben und von Mohl (Bot. Zeit. 1871) mit diesem Namen (abgeleitet von *transfundere* hinübergiessen, ergiessen) belegt. de Bary nennt es „Tracheïdensaum". Vergl. auch Zimmermann, Ueber das Transfusionsgewebe, Flora 1880, Scheit, Tracheïdensäume der Blattbündel der Coniferen u. and.

scheidet ist und das Transfusionsgewebe direct an Parenchym grenzt, aber nur mit Hoftüpfeln versehen sind, wenn das Bündel sammt dem Transfusionsgewebe von einer derben Parenchymscheide umgeben wird (SCHEIT). *Pinus silvestris* (Fig. 418).

Fig. 387.



Querschnitt durch Föhrenholz. *c* Herbstholz, *s* ein Harzgang im Frühjahrsholz, *m* Markstrahlen (R. Hartig).

Die meisten Tracheïden besitzen kleine Hoftüpfel *(Rad. Ipecacuanh.)*, sehr grosse zeigen die Tracheïden des *Coniferen*-Holzes (Fig. 386, 160—162).

Bisweilen kommt es vor, dass die Seitenwand einer Tracheïde mittelst eines wirklichen Loches durchbohrt ist, z. B. im Holze der *Ipecacuanha*-Wurzel.[1]) Man kann alsdann, da eine Resorption von Querwänden nicht stattgefunden hat, nicht von kurzen Gefässen, sondern muss auch hier von gefässartigen Tracheïden reden.

Da beide, Gefässe und Tracheïden, der Wasserleitung dienen, so können sie sich auch gegenseitig vertreten und eines von beiden kann fehlen. Im Holze der *Coniferen*, der Wurzel von *Psychotria emetica* und den Nervenendigungen, besonders denen der Blattnerven, fehlen Gefässe, in dem libriformreichen Holze zahlreicher Holzpflanzen, bei *Rad. angelicae*, die Tracheïden. Ein sehr häufiger Fall ist der, dass sich unmittelbar um die Gefässe ein Kranz von Tracheïden, ein Tracheïdensaum, findet *(Rad. althaeae, ononidis, sarsaparillae)*, und sonst nirgends Tracheïden auftreten. Hier tritt die Function der Tracheïden, die Gefässe in ihren Leistungen zu unterstützen, besonders klar hervor.

Auch bei den Tracheïden findet oftmals durch Verschluss mittelst Gummi oder Harz ein Ausschalten derselben aus den Leitungsbahnen statt. So besonders bei den Tracheïden des Kernholzes, welches niemals mehr wasserleitend ist.

Die Wandung der Tracheïden ist gleichfalls verholzt. Ihr Inhalt besteht aus Wasser — bei *Coniferen*-Holz zwei Drittel bis neun Zehntel des Lumens erfüllend — Wasserdampf und Luft.

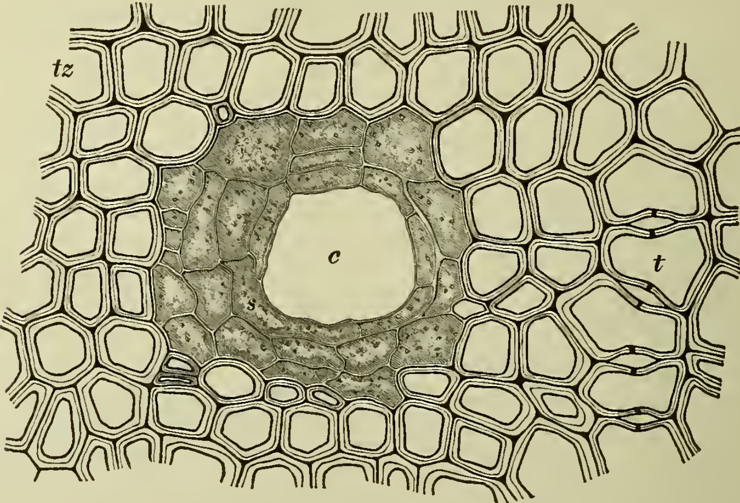
Bezüglich der Uebergangsbildungen zwischen Tracheïden und Libriform vergl. den Abschnitt Holzkörper (weiter hinten).

Wie die Gefässe, so sind auch die Tracheïden von grosser diagnostischer Bedeutung und überall dort, wo Gefässe fehlen, sogar ausschlaggebend. So kann man selbst nach einer oberflächlichen Durchmusterung auf's leichteste selbst an dem kleinsten Abschnitzel eines Holzstückes feststellen, ob dasselbe einem Laub-

[1]) TSCHIRCH und LÜDTKE, Ueber Ipecacuanha. Arch. d. Pharm. 1888. A. MEYER (Arch. d. Pharm. 1883) nennt diese Tracheïden Gefässe.

oder einem Nadelholze angehört, was bei zahlreichen technischen Untersuchungen nicht ohne Wichtigkeit ist. Die eigenthümlichen, seitlich durchbrochenen Tracheïden der *Ipecacuanha*-Wurzel habe ich kürzlich als diagnostisches Hauptmerkmal dieser Wurzel bezeichnet[1]), da im Holzkörper der meisten unechten *Ipecacuanhen* Gefässe vorzukommen pflegen.

Fig. 388.



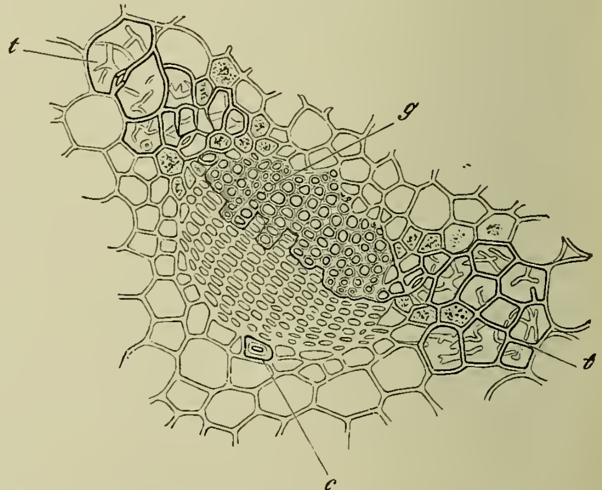
Querschnitt durch einen in Holzparenchym eingebetteten Harzcanal *(c)* mit umgebendem Gewebe aus dem Holze von *Pinus maritima.* Die Tracheïden *(tr)* lassen deutlich Mittelplatte, secundäre und tertiäre Membran, sowie (rechts) die Hoftüpfel erkennen (Tschirch).

Leitparenchym.

Auch Parenchymzellen sind bei der Wasserleitung betheiligt. Inwieweit dieses für das sogenannte Holzparenchym (s. unten) zutrifft, bleibt noch zu untersuchen. Jedenfalls werden aber die von den Wurzelhaaren aufgenommenen wässerigen Lösungen zunächst in den Parenchymzellen der primären Wurzelrinde geleitet und es erscheint mir nicht zweifelhaft, dass jedenfalls ein Theil dieser Lösungen zunächst gar nicht direct in das centrale Wurzelbündel gelangt, sondern in der Rinde weiter nach oben geleitet wird.

Dies gilt z. B. von den Nitratlösungen. Man erhält wenigstens mit Diphenylaminlösung niemals eine Reaction im Bündel, wohl aber stets in der Rinde.

Fig. 389.

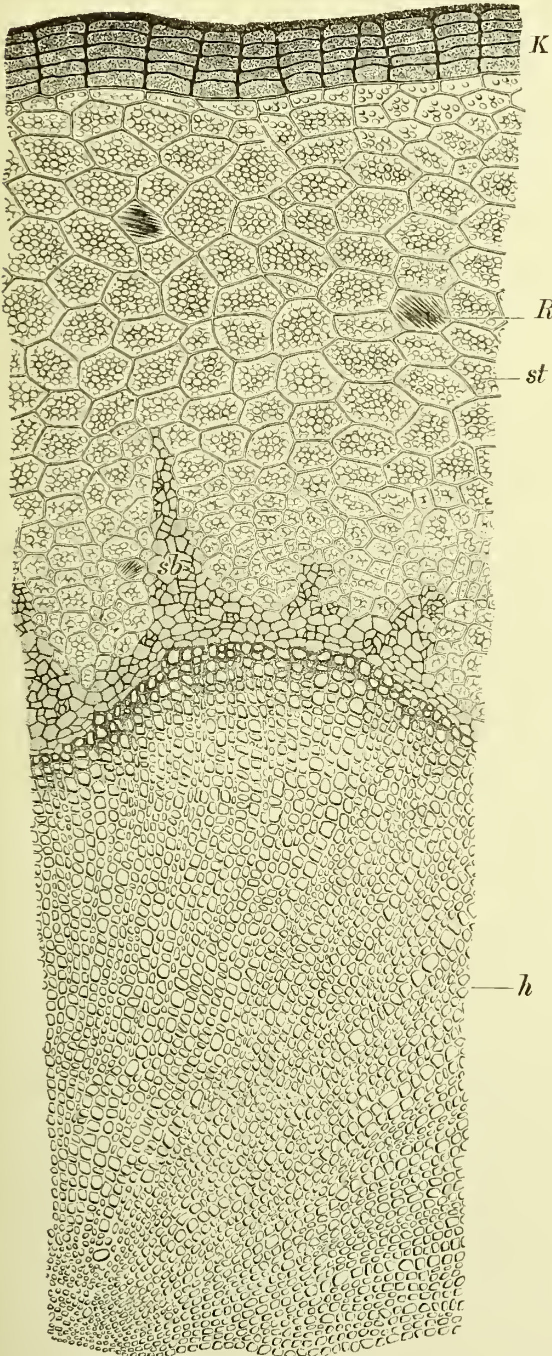


Medianes Gefässbündel des Blattes von *Juniperus communis.* *g* Gefässtheil, *c* Bastzelle, *t* Transfusionsgewebe, bestehend aus behöften Tracheïden mit Querbalken (de Bary).

[1]) Tschirch und Lüdtke, Ueber *Ipecacuanha.* Archiv d. Pharm. 1888.

Der Strom des Wassers geht in dem Wasserleitungssystem aufwärts, von der Wurzel nach oben. Das überschüssige Wasser wird von der Pflanze durch die vornehmlich an den Blättern stattfindende Transpiration wieder abgegeben. Die im Stamm eines Baumes geleitete, von der Wurzel nach den Blättern „gehobene“ Wassermasse ist an einem warmen Sommertage eine enorme. Hunderte von Litern passiren das tracheale System. Der Mechanismus der Wasserbewegung ist jedoch, trotz mannigfacher Versuche, ihn zu erklären, noch immer nicht vollständig aufgeklärt. Transpiration, Wurzeldruck, Capillarität der Wasserleitungsröhren und eigenartige Construction der Elemente des Wasserleitungssystems scheinen zusammenzuwirken, um diese enormen Wassermengen zu einer oft so bedeutenden Höhe zu heben.

Fig. 390.



Querschnitt durch die *Ipecacuanha*-Wurzel (*Psychotria Ipecacuanha* Mull. Ars.). *K* Kork, *st* stärkeführende Rinde, *R* Raphidenzelle, *sb* Siebbündel, *h* der nur aus Tracheïden bestehende Holzkörper (Tschirch).

Die Elemente, welche der Leitung der plastischen Bildungsstoffe dienen.

Wie schon oben angeführt, betheiligen sich die wasserleitenden Elemente nicht an der Leitung des plastischen Materiales. Letzteres wird vielmehr in einem besonderen Gewebe transportirt. Die schwer oder gar nicht durch Zellhäute diosmirenden Eiweissstoffe wandern ausschliesslich in den Siebröhren, die diosmirenden in dem Cambiform und den Siebröhren, die Kohlehydrate, die löslichen Abkömmlinge der Eiweissstoffe, vornehmlich in dem Leitparenchym. Die Milchröhren leiten beide Gruppen.

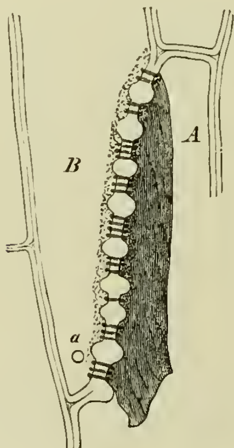
Siebröhren und Cambiform bilden die wichtigsten Elemente des Siebtheils der Gefässbündel und kommen nur selten ausser-

halb derselben vor. Leitparenchym (in diesem Falle Phloëmparenchym genannt) ist oft, aber nicht immer, mit ihnen vergesellschaftet (Rinden der *Dicotylen*). Milchröhren finden sich im oder am Siebtheil (*Cort. condurango, Euphorbia resinifera*) oder anderwärts (z. B. im Mark, in Blättern).

Siebröhren.

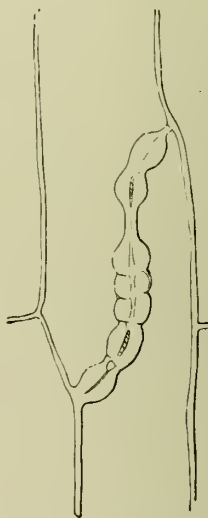
Siebröhren[1]) (Tubi cribosi, Siebfasern) besitzen die *Farne* und alle *Phanerogamen*. Bei den höheren *Algen* finden sich ihnen äquivalente Organe, die sogenannten Siebhyphen (WILLE), von ähnlichem Bau und ähnlicher Function. Sie entstehen, wie die Gefässe, aus übereinander stehenden Zellreihen und unterscheiden sich von diesen nur darin, dass die Querwände nicht vollständig resorbirt, sondern nur mit zahlreichen Löchern durchbohrt und die Seitenwandungen nicht in der bei den Gefässen beschriebenen eigenartigen Weise verdickt werden.

Fig. 391.



Offene Siebplatte einer Siebröhre aus der Rinde von *Vitis vinifera* (de Bary).

Fig. 392.



Siebplatte einer Siebröhre aus der Rinde von *Vitis vinifera* im Winter, die Siebporen durch Callus verschlossen (de Bary).

Deutlicher noch wie bei den Gefässen sind daher die einzelnen Glieder der Siebröhren (die Gitterzellen MOHL's) zu erkennen und zu trennen (Fig. 393 und 394). Die trennenden Flächen auf einander sitzender Siebröhrenglieder nennt man Siebplatten oder Siebfelder, die die letzteren durchbohrenden, die freie Communication von einem Siebröhrengliede zum anderen ermöglichenden Löcher Siebporen (Fig. 391, 394).

Die Siebplatten stehen entweder horizontal oder mehr oder weniger oft ausserordentlich stark geneigt (Fig 391), in letzterem Falle, bei den *Dicotylen*-Rinden wenigstens, gegen die Radialebene gerichtet. Quer- und flachendige (DE BARY) Siebröhrenglieder findet man besonders in den primären Bündeln (Stengel von *Zea Mais*), scharf- oder schiefendige

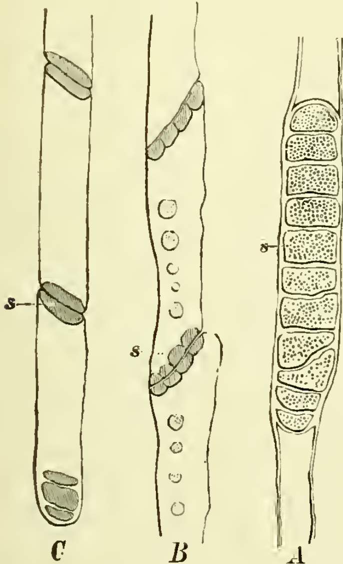
---

[1]) Zuerst von TH. HARTIG (Vergl. Unters. über d. Organisation d. Stammes d. einheim. Waldbäume. Jahresber. über d. Forschritte d. Forstwissenschaft. 1837) unterschieden. Vergl. ferner HARTIG, Bot. Zeit. 1853, 1854. — MOHL, Andeutungen über den Bau des Bastes. Bot. Zeit. 1855. — NÄGELI, Ueber die Siebröhren. Sitzungsber. d. Münch. Akad. 1861. — DE BARY, Vergl. Anatomie, und aus neuer Zeit WILHELM, Beiträge zur Kenntniss des Siebröhrenapparates dikotyler Pflanzen. Leipzig 1880. — FISCHER, Studien über die Siebröhren. Sächs. Ges. der Wissenschaft. 1885 und Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1885. — JANCZEWSKI, Sitzungsber. d. Krakauer Akad. 1881.

im secundären Siebtheil der *Dicotylen*, z. B. bei *Rad. gentianae.* Ausnahmen bilden die schiefendigen der *Calamus*-Stämme und *Aroideen*-Wurzeln, sowie der *Rad. sarsaparillae*, die querendigen der *Buchen*-Rinde, *Cort. Quillajae.* Gerade oder wenig geneigt sind die Siebplatten bei *Cort. guajaci* und *Cort. granati*, wo sie überhaupt leicht aufzufinden und zu studiren sind.[1])

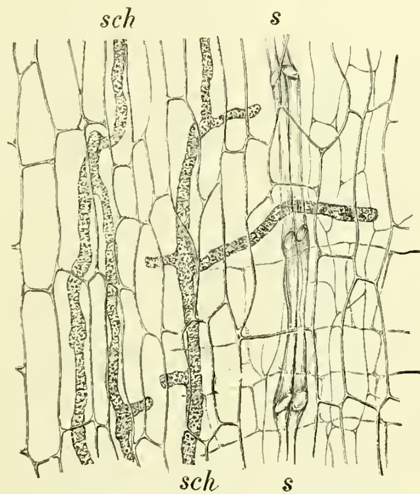
Wie bei den Gefässen, so wechselt auch bei den Siebröhrengliedern Länge und Weite erheblich, doch erreichen die Siebröhren niemals die Weite der Gefässe. Die weitesten Siebröhren (20—80 Mik.) besitzen die Schling- und Kletterpflanzen *(Cucurbita, Smilax, Bignonia).* Bei *Rad. sarsaparillae* haben die im Leptombündel zu äusserst gelegenen, engen Siebröhren eine Weite von 5—14 Mik., die inneren, breiteren sind 30—45 Mik. breit. Bei Milchröhren führenden Pflanzen, wo die Siebröhren oft mehr oder weniger von den Milchröhren vertreten werden, sind sie oft ausserordentlich zart *(Asclepiadeen)*, ebenso bei vielen *Succulenten.* Am besten studirt man sie an Stengeln von *Cucurbita* oder *Zea Mais.*

Fig. 393.



Siebröhren. *A* aus *Cort. chin. alb. Payta*, *B* aus *Cort. Cassiae bijugae*, *C* aus *Rad. Artemisiae*, *s* Siebplatten (Vogl).

Fig. 394.



Rinde der *Cichorienwurzel* (Radialschnitt). *sch* Milchsaftschläuche, *s* Siebröhren. Vergr. 160 (Möller).

Die Dimensionen der Siebröhrenglieder betragen (nach de Bary) bei: *Cucurbita*, Länge 370—450, Breite 45—50 Mik.; *Calamus Rotang*, Länge bis über 2 Mm., Breite 30—50 Mik.; *Vitis vinifera*, Länge 600 Mik. Dies sind jedoch nur auffallend grosse Siebröhren, meist sind die Werthe sehr viel niedriger. In der *Cort. guajaci* fand ich z. B. die Glieder nur 120 Mik. lang. Meist sind die Siebröhren im Querschnitt überall gleich breit oder doch nur an den Siebplatten etwas angeschwollen.

Die Wand der Siebröhren ist stets unverholzt und weich und besteht aus Cellulose. Sie ist nicht selten ziemlich dick *(Rad. valerian.)*, besitzt aber niemals Aussteifungen, so dass die Siebröhren, sobald sie ihren Inhalt und damit den Turgor verlieren, von den benachbarten Geweben zusammengedrückt werden (s. unten, Keratenchym). Bei der echten *Ipe-*

[1]) Zahlreiche Angaben über Vorkommen und Bau der Siebröhren in den Rinden finden sich in J. Möller, Anatomie der Baumrinden. Berlin 1882. — Berg kannte die Siebröhren noch nicht. Sie sind daher in dem Atlas nirgends gezeichnet.

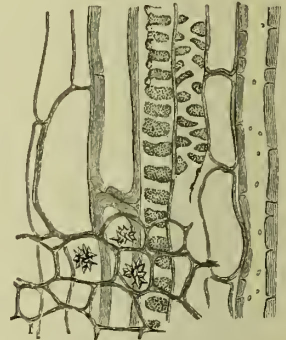
cacuanha-Wurzel sind vorwiegend die Radialwände verdickt.[1]) Siebplatten finden sich nur an aneinander grenzenden Siebröhrengliedern, nicht zwischen Siebröhren und benachbarten anderen Elementen. Die Siebplatten gleichen einem Sieb (Fig. 393, 395), die netzförmig stehenbleibenden Plattenstreifen lassen mehr oder weniger breite, meist unmessbar enge, selten bis 2 und 5 Mik. weite *(Cucurbitaceen)* Löcher zwischen sich; die Intercellularsubstanz wird resorbirt.

Bei quergestellten Trennungswänden der Siebröhrenglieder ist meist nur eine Siebplatte vorhanden *(Mais*-Stengel), bei schiefen, besonders den sehr stark geneigten, dagegen oft zwei und mehr, durch Membranstreifen von einander getrennte (Rinde von *Tilia, Juglans, Vitis, Pirus, Betula)* (Fig. 393 und 395).

An den Seitenwänden der Siebröhrenglieder finden sich Siebplatten meist nur bei den Siebröhren mit geneigten Trennungswänden, hier meist in Fortsetzung der schiefen Siebplatte, an den Radialwandungen.

Der Inhalt der stets, im Gegensatz zu den Gefässen, turgescenten Siebröhren besteht aus Protoplasma und Zellsaft, denen häufig (Briosi) Stärkekörnchen eingelagert sind. Der Plasmaschlauch liegt der Wand rings an, wird aber durch contrahirende Reagentien, ja selbst Absterben, von der Wand abgezogen. Dabei bleibt die Plasmamasse, welche durch die Löcher der Siebplatte hindurch die Continuität der plasmatischen Inhalte[2]) benachbarter Siebröhrenglieder herstellt, in diesen stecken und es entsteht so das oft beschriebene Bild, wo in der Siebröhre den Platten beiderseits ein breiter Pfropf ansitzt, der sich rasch nach oben und unten schlauchartig verjüngt. Wie Fischer gezeigt hat, ist dieser Pfropf eine Erscheinung, die sich nur an den todten Siebröhren findet.

Fig. 395.



Radialschnitt durch die secundäre Rinde von *Cinnamodendron corticosum Ms.* (Möller).

Die Siebröhren der *Gymnospermen* und *Farne* sind denen der *Angiospermen* mit schiefen Enden ähnlich, enthalten aber eine wasserhelle Flüssigkeit und zeigen keine Callusbildung (s. unten).

Die Siebröhren und Cambiformzellen durchziehen alle Organe der Pflanze von der Wurzel bis in die Blüthe und sind besonders in den Organen zahlreich, die die Baustoffe zu den eiweissreichen Samen hinleiten, also in den Inflorescenzachsen.

Ihre Bedeutung als Leiter plastischer Baustoffe zeigt gleichfalls der Hanstein'sche Ringelungsversuch. Trägt man an einem Weidenzweige an einer circumscripten Stelle die Rinde rings bis zum Cambium ab und setzt den Zweig in Wasser, so entstehen vornehmlich über der Ringelungsstelle neue Wurzeln, da nur bis zu dieser Stelle von oben her plastisches Material geleitet wird.

Bei den Gefässen hatten wir oben gesehen, dass sie unter Umständen geschlossen werden können, sei es durch Gummi, Harz oder Thyllen. Auch die Siebröhren zeigen Verschlusseinrichtungen. Dieselben treten in

---

[1]) Tschirch und Lüdtke, Archiv d. Pharm. 1888, Fig. 1.

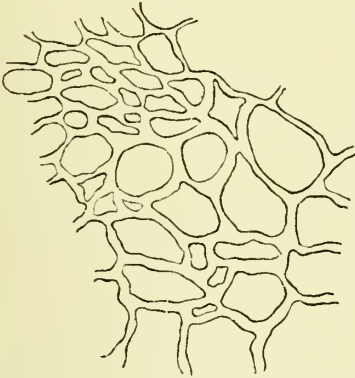
[2]) Die Continuität der Plasmainhalte der Siebröhren mag auch bei der Reizübertragung eine Rolle spielen (Hanstein), wie bei anderen offenen Communicationen (Noll). Mir scheint es sogar wahrscheinlich, dass diese Function die wichtigere ist und die der Eiweissleitung nur in untergeordneter Weise in Betracht kommt. Denn um Plasma in irgend ausgiebiger Weise durch die Sieblöcher zu pressen, müsste der Druck oft ein sehr erheblicher sein, besonders wenn die Löcher eng sind. Von einer so starken Spannung in den Siebröhren weiss man nichts. Dass in den Siebröhren Spannungen herrschen, ersieht man jedoch beim Absterben, wo der Plasmaschlauch, z. B. beim Verletzen der Zelle, sofort collabirt (s. oben). Vielleicht werden in den Siebröhren nicht eigentlich das Plasma, als vielmehr andere gelöste plastische Substanzen geleitet.

doppelter Form auf, je nachdem die Siebröhre vorübergehend oder dauernd geschlossen werden soll.

Einen vorübergehenden Verschluss stellt die Callusbildung, einen dauernden die Obliteration dar.

Unter Callus[1]) (Hanstein) versteht man die eigenartige durch Jod gelb, durch Chlorzinkjod braun werdende, stark quellende, gallertige Verdickungsmasse, die häufig der Siebplatte beiderseits aufgelagert ist und entweder die Siebporen vollständig verschliesst — der gewöhnliche Fall — oder doch nur feine Canälchen übrig lässt, im letzteren Falle also bei der leichten Löslichkeit der Callusmasse eine Regulirung des Stromes der plastischen Baustoffe je nach Bedarf ermöglicht. Nach den bis jetzt vorliegenden Untersuchungen scheint bei den Siebröhren vieler Pflanzen mit dem Eintritte der Winterruhe ein völliges Verschliessen der Siebporen durch breite Calluspolster einzutreten (Fig. 392, 393 *b*).

Fig. 396.



Siebstränge eines älteren Ausläufers von *Glycyrrhiza glabra* in der Nähe des Cambiums (mit der Camera aufgenommen). Uncollabirt und leitend. Die engen Zellen unten sind Geleitzellen (Tschirch u. Holfert).

Durch diesen Verschluss wird also der sonst in Folge der Wegsamkeit der Siebporen leichte Verkehr von Siebröhrenglied zu Siebröhrenglied aufgehoben. Die Callusplatten werden im Frühjahr wieder aufgelöst. Andererseits beobachtet man oft, dass die Callusbildung mit dem Alter der Siebröhren zunimmt, die ältesten, zuerst gebildeten, vollständig durch Callus geschlossen, die jüngsten noch offen und dazwischen alle Mittelstufen vorhanden sind.

Fig. 397.



Siebstränge eines älteren Ausläufers von *Glycyrrhiza glabra* in der Nähe der Mittelrinde (mit der Camera aufgenommen), obliterirt, daher nicht mehr leitend (Tschirch und Holfert).

Die Callusplatten der ältesten Siebröhren werden nicht wieder gelöst, diese Siebröhren sind also nicht mehr leitend und demnach aus dem Saftverkehr ausgeschaltet.

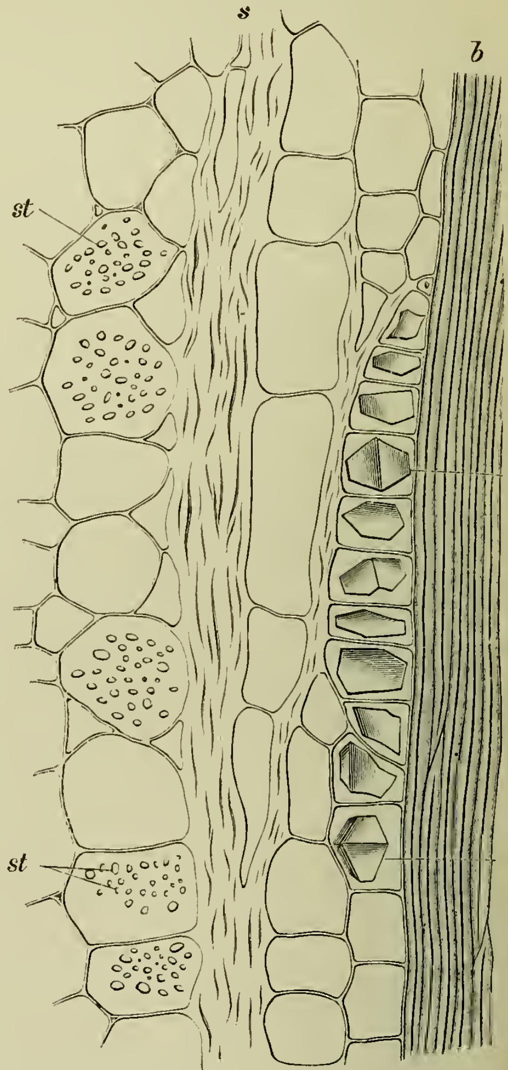
Nach dem, was ich über das Vorkommen auf diese Art verschlossener Siebröhren feststellen konnte, ist dasselbe im Verhältniss zu der zweiten Form des Verschlusses selten. Bei weitem häufiger kommt es vor, dass

[1]) Callosus dickhäutig, Callum dicke Haut, also richtiger Callum, nicht Callus.

die Siebröhren, welche aus dem Saftverkehr ausgeschlossen werden sollen, obliteriren.[1]) Dies geschieht dadurch, dass die Siebröhren (sammt Geleitzellen und Cambiform), nachdem sie ihren Inhalt verloren haben, durch den Turgor der benachbarten Zellen derartig zusammengedrückt werden, dass die eine Wand die andere vollständig berührt oder doch nur ein ausserordentlich feines spaltenförmiges Lumen zurückbleibt. Eine nachträgliche Verdickung der Wandungen findet hierbei, wie mir Messungen zeigten, nicht statt.[2])

Das durch dieses Zusammendrücken der Siebstränge entstehende Gewebe ist anatomisch längst bekannt und von Wigand, der seine Entstehung nicht erkannte, unter dem Namen Hornbastprosenchym, Hornprosenchym oder Keratenchym[3]) beschrieben worden. Durch Rauwenhoff, Oudemans, Möller und mich, ist es sicher festgestellt worden, dass die charakterischen Keratenchymbänder stets als obliterirte Siebstränge (Siebröhren, Geleitzellen, Cambiform) aufzufassen sind.

Fig. 398.



Obliterirte Siebstränge (s) im Längschnitt, aus der Rinde der *Rad. Glycyrrhizae*, *b* Bastzellen, *k* Kristallkammerfasern, *st* stärkeführendes Phloëmparenchym (Tschirch).

Diese Form des Verschlusses der nicht mehr functionirenden Siebröhren ist allgemein in den dickeren aber auch in zahlreichen dünneren Dicotylenrinden verbreitet und findet sich z. B. in ausgeprägter Form bei *Cort. canellae*, *Cort. quassiae*, *Cort. guajaci*, *Dicypellii*, *Cort. condurango*, bei *Rad. Ononidis*, bei *Pterocarpus Marsupium*, *Balsamea*, *Myroxylon*, *Dichopsis*, *Acacia Senegal*, *Copaifera* und in der Rinde der Süssholzwurzeln und Ausläufer (Fig. 398 und 401), in den ersten Anfängen im Stengel von *Conium* und der *Rhiz. podophylli*.

Das Zusammendrücken findet gewöhnlich von Innen und von Aussen her statt, so dass die entstandenen Keratenchymbänder tangential gestreckt erscheinen (Fig. 309, 310, 313, 399), seltener sind sie radial gestreckt (Fig. 400).

---

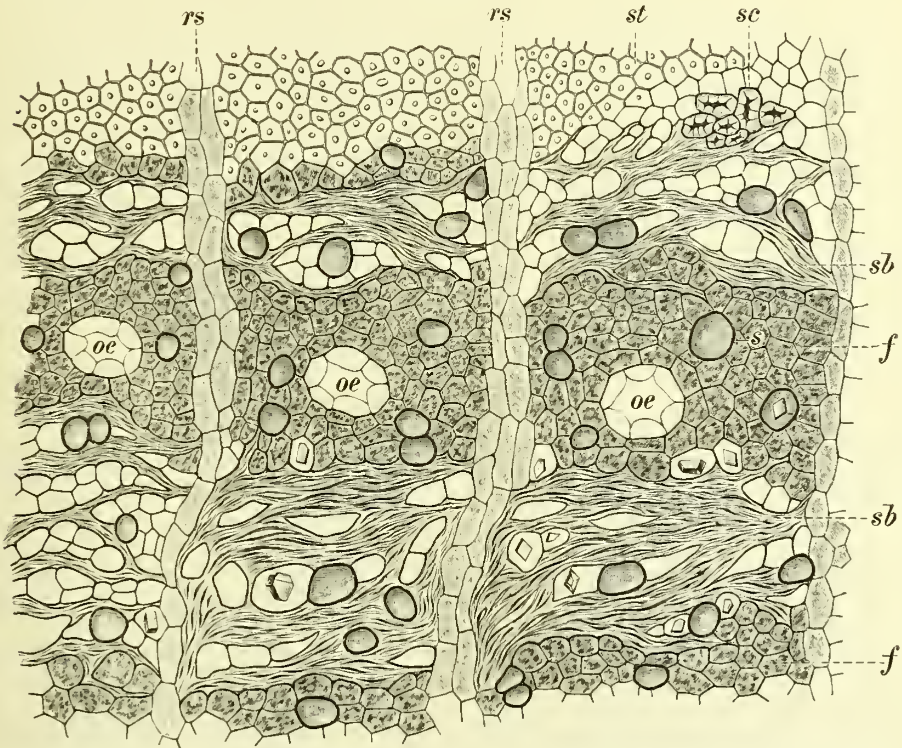
[1]) Obliterare, überstreichen, auslöschen, weglöschen. Ausser bei Siebröhren ist Obliteriren von Vogl und v. Höhnel beobachtet worden bei Milchschläuchen *(China)* und Schleimzellen *(Rhamnus frangula)*.

[2]) Vergl. meine Darstellung des Sachverhaltes bei *Glycyrrhiza* (Arch. d. Pharm. 1888).

[3]) Von κέρας Horn und ἔγχυμα Gewebe, von Wigand [Pringsheim's Jahrbücher 3 (1863)] eingeführter Name. Vergl. auch Wigand, Pharmakognosie und Flora, 1877. Oudemans Aanteekeningen, Sanio, Bot. Zeit. 1863, Möller, Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1875.

In Rinden, wo die Obliteration in sehr ausgiebigem Maasse stattfindet (*Canellarinde*, Süssholz, *Dicypelliumrinde*), sind oftmals alle Siebstränge bis auf die unmittelbar am Cambium liegenden obliterirt. So finden sich z. B. bei der Rinde des Nelkenzimmt oft 20 und mehr Keratenchymbänder.

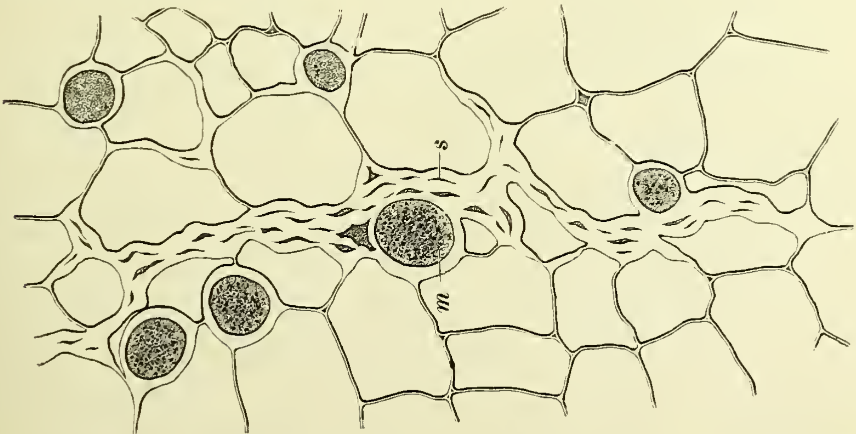
Fig. 399.



Querschuitt durch die Rinde von *Balsamea Myrrha*, *sb* obliterirte Siebstränge (Keratenchym). *f s* Farbstoff- und Secretzellen, *oe* Oel- bezw. Harzbehälter, *rs* Rindenstrahlen, *st* Stereïden, *sc* Sclereïden (Tschirch).

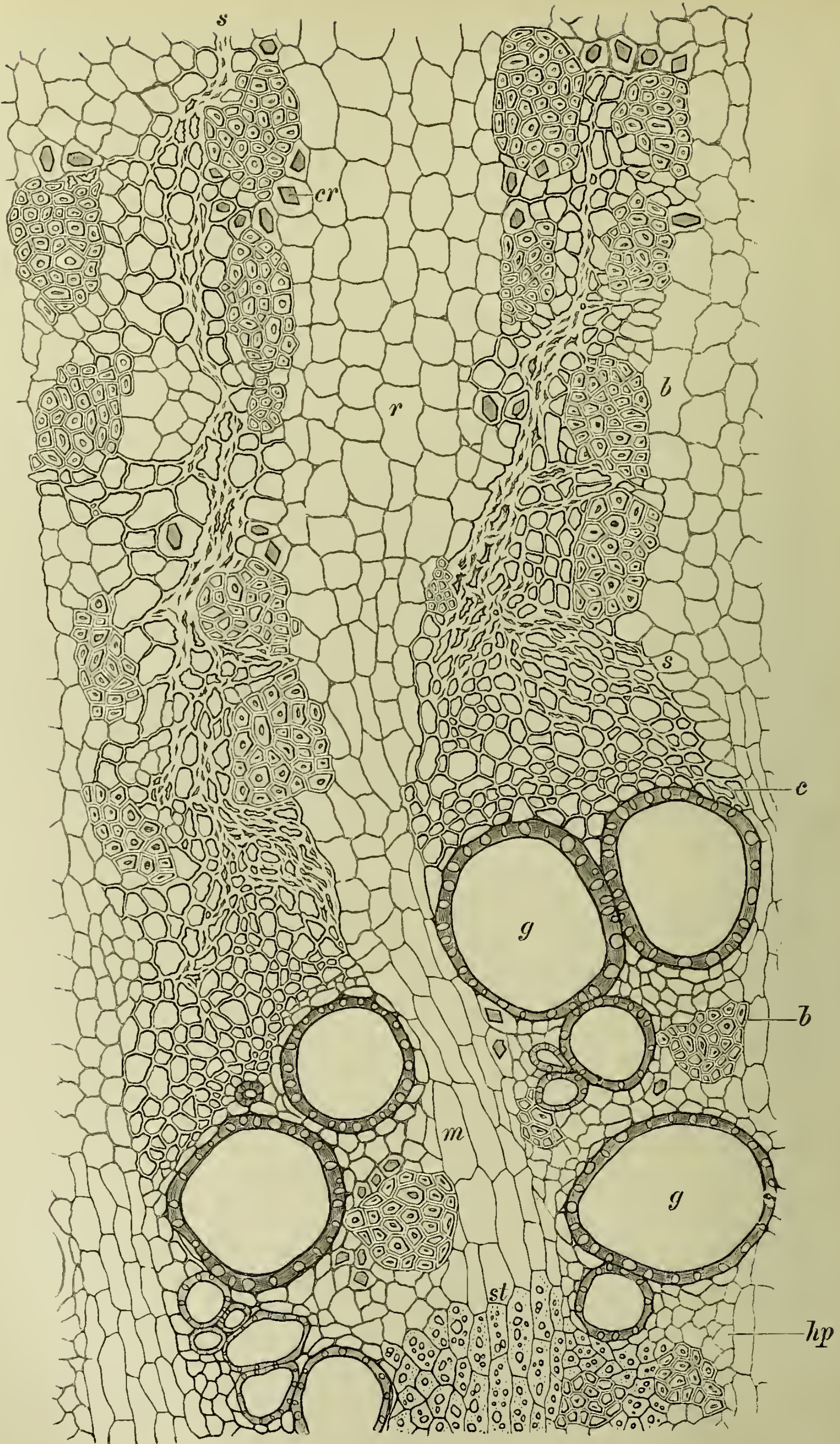
Die obliterirten Siebstreifen sehen meist aus wie breite Cellulosestreifen, in denen kurze und zarte, gebogene Linien — die Lumina der Siebelemente, verlaufen.

Fig. 400.



Obliterirte Siebstränge (Keratenchym) im Querschnitt *(s)* aus der *Cort. Condurango* mit eingestreuten Milchröhren *(m)* (Tschirch).

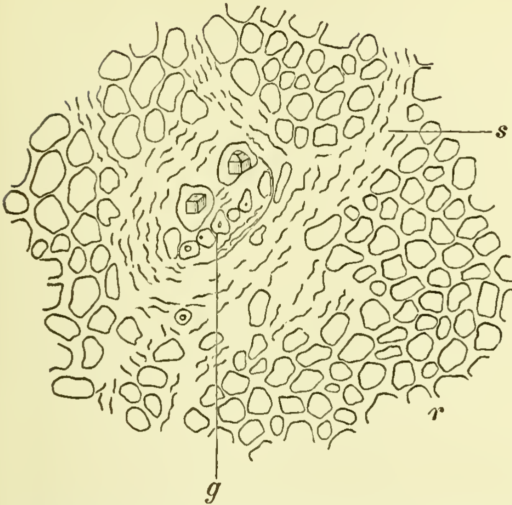
Fig. 401.



Querschnitt durch einen Ausläufer von *Glycyrrhiza glabra* (*Rad. glycyrrhizae*) am Cambium (*c*), *s* obliterirte Siebstränge, *b* Bastzellgruppen, *cr* Kristallzellen, *r* Rindenstrahl, *m* Markstrahl (bei *st* mit Stärke gefüllt), *hp* Holzparenchym. Inhalt (bis auf *st*) entfernt (Tschirch).

Da die Siebröhren bis in die Mitte der Fünfziger Jahre nahezu unbekannt geblieben waren, so ist es erklärlich, wenn z. B. BERG sie bei den Drogen allenthalben übersehen oder falsch gedeutet hat.

Fig. 402.

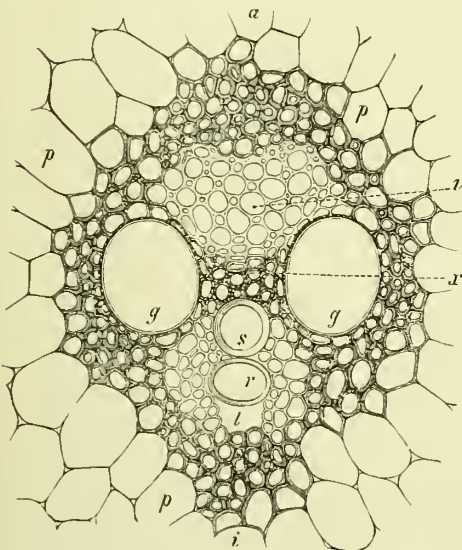


Beginn der Gummosis in einem Keratenchymstrange der Rinde von *Acacia Senegal* (bei *g*). *s* verquollene Keratenchymbänder, *r* Phloëmparenchym (J. Möller).

Da ihr Bau bei allen Pflanzen sehr viel Uebereinstimmendes zeigt, sie auch nicht gerade leicht aufzufinden und in den Drogenpulvern der Regel nach zertrümmert sind, so ist ihr, in der angewandten Anatomie in Betracht kommender, diagnostischer Werth ein geringer. Bei der Diagnose intacter Rinden spielen die Keratenchymbänder jedoch eine grosse Rolle (vergl. den speciellen Theil).

MÖLLER hat über das Vorkommen und den Bau der Siebröhren zahlreicher Rinden Mittheilungen gemacht.[1])

Fig. 403.



Querschnitt durch ein collaterales Bündel des *Mais*stengels. *a* aussen, *i* innen, *p* Grundgewebe, *r* Ring-, *s* Spiral-, *g* Tüpfelgefäss, *l* Intercellularraum (luftführend), *x* Holzzellen, *v* Siebtheil, die grossen Lumina sind Siebröhren, die kleinen Geleitzellen. Das ganze Bündel ist von einer Scheide von Bastzellen umgeben.

Geleitzellen.

Bei der Entstehung der Siebröhren aus den cambialen Elementen erfährt die zur Herstellung eines Siebröhrengliedes bestimmte Mutterzelle mehrere Längstheilungen, die grösste der Tochterzellen wird zum Siebröhrengliede, die übrigen zu sogenannten Geleitzellen (WILHELM). Die letzteren unterscheiden sich von den sogleich zu beschreibenden Cambiformzellen durch ihr engeres Lumen (Fig. 396 u. 403) und dadurch, dass ihre, an die Siebröhre angrenzende, Wand getüpfelt ist, was bei Cambiformzellen nicht der Fall zu sein pflegt. Die Geleitzellen führen Plasma, niemals Stärke und sind auf Querschnitten leicht dadurch zu erkennen, dass sie meist wie herausgeschnitten aus dem Siebröhrengliede erscheinen. Die Geleitzellen scheinen die Siebröhren in ihrer Function zu unterstützen (HABERLANDT). Nach FISCHER[2]) sind in ihnen die specifischen Bildungsherde der Eiweisssubstanzen zu suchen.

[1]) Anatomie der Baumrinden.
[2]) Studien über die Siebröhren etc. Sitzungsb. sächs. Ges. d. Wissenschaft. 1885.

Cambiform.

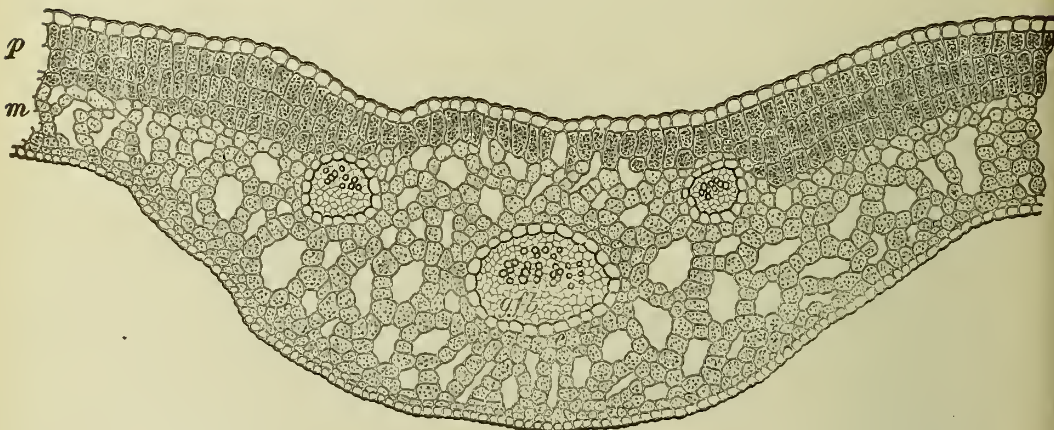
Die Cambiformzellen (Nägeli) sind langgestreckte, dünnwandige, plasmaerfüllte Zellen mit zugespitzten, prosenchymatischen Enden. Sie bleiben also den Cambiumzellen sehr ähnlich. Ihre Wand pflegt keine Tüpfelung zu zeigen.

Nach Fischer sollen sie die zur Eiweissbildung erforderlichen Substanzen den Geleitzellen zuführen und die Abfälle dieses Processes aufnehmen, was mir jedoch zunächst noch nicht erwiesen scheint.

Milchröhren.

Siebröhren, Geleitzellen und Cambiform sind ausschliesslich Eiweissleiter, respective Leiter plastischer Baustoffe; auch die Milchröhren mögen da und dort Eiweiss leiten, jedenfalls führen sie aber auch anderes plastisches Material. Da sie aber neben diesem ausnahmslos auch Secrete enthalten, ihre Function als leitende Organe zwar in einigen Fällen klar

Fig. 404.



Querschnitt durch ein Blatt von *Menyanthes trifoliata* an der Mittelrippe, die Gefässbündel *(gfb)* mit Parenchymscheiden umgeben (Tschirch).

erkannt, in anderen aber noch nicht sicher festzustellen war, so sollen sie aus äusserlichen Gründen bei den Secretbehältern abgehandelt werden.

Ihre Bedeutung als leitende Organe hat Haberlandt erkannt.[1])

Leitparenchym.

Das Leitparenchym der plastischen Baustoffe ist nicht auf die Gefässbündel beschränkt, sondern findet sich allenthalben. Zu Parenchymscheiden verbunden, umgeben Leitparenchymzellen die Gefässbündel der Nerven der Blätter (z. B. bei *Fol. absinthii* (Fig. 368), *Fol. trifol.* (Fig. 404), *Fol. Buccu)*; in den Blattstielen und Stengeln ist stets das Rinden- und oft auch das Markparenchym als Leitparenchym aufzufassen, ebenso im Holzkörper die Holzparenchymzellen und das Markstrahlenparenchym, in der Rinde die Rindenstrahlen. Das den Siebtheil der Gefässbündel durchsetzende und begleitende Leitparenchym, exclusive des der Rindenstrahlen, nenne

[1]) Zur physiolog. Anatomie der Milchröhren. Sitzungsb. d. Wien. Akad. Bd. 87, 1883.

ich Phloëmparenchym. Im Leitparenchym werden nicht die Eiweissstoffe, sondern die stickstofffreien Substanzen, besonders die Kohlehydrate geleitet (Sachs).

Die Zellen des Leitparenchyms sind entweder isodiametrisch (Holzparenchym, Mark) oder mehr oder weniger und dann stets in der Richtung der Strombahn gestreckt, so die Zellen der Parenchymscheide longitudinal, die Zellen der Mark- und Rindenstrahlen radial. Sie sind stets dünn und von parenchymatischem Charakter, enthalten einen lebenden Plasmakörper und sind entweder allseitig (Mark) oder an den rechtwinkelig zur Strombahn liegenden Wänden vorwiegend oder ausschliesslich getüpfelt (Markstrahlen) oder — besonders die sehr zartwandigen — tüpfellos. Die Tüpfel sind niemals behöfte, sondern stets einfache. Selten sind Chlorophyllkörner im Inhalt zu finden (Parenchymscheiden, Stengelrinde). Im Winter, wo die Leitung der plastischen Stoffe sistirt ist, füllt sich auch das Leitparenchym mit Reservestoffen und wird zum Reservebehälter — so besonders im Mark, den Markstrahlen und dem Holzparenchym — um im Frühjahr wieder die frühere Function der Stoffleitung zu übernehmen (Functionswechsel).

Einen sehr eigenartigen, besonderen Fall der Leitung finden wir in den sogenannten Stärkescheiden (Sachs), (Zuckerscheiden, de Vries), einschichtigen Zellreihen, die die Einzelbündel des Stengels (Monocotylen) oder den Bündelring (Dicotylen) bei zahlreichen Pflanzen ausserhalb der Bastzellbelege des Siebtheils umgeben. Diese einreihige Stärkescheide enthält nur so lange (transitorische) Stärke als die Bastzellen ihre Wand noch verdicken. Sie verschwindet daraus, sobald die letzteren ihre definitive Ausbildung erlangt haben. Wir haben in ihnen also Einrichtungen für die Zufuhr von Stoffen zu suchen, die als Material zur Verdickung von Zellhäuten bestimmter Zellgruppen dienen (Heine).

Die Stoffe, welche im Leitparenchym wandern, können dies nur in gelöster Form. Es ist bekannt, dass die Kohlehydrate vornehmlich in Form von Zucker wandern. von den stickstoffhaltigen wissen wir nicht bestimmt, welche lösliche Form sie wählen. Asparagin findet sich oft im Leitparenchym, doch kommt dies sicher nicht allein in Betracht.

Es ist erklärlich, dass die den Vegetationspunkten, beziehentlich den wachsenden Partien zugeführten Stoffe niemals in genau den gleichen Proportionen, wie sie diesen zugeführt, auch dort verbraucht werden. Dazu kommt, dass der Verbrauch in der Nacht, wo das Wachsthum vornehmlich stattfindet, grösser ist als bei Tage, während andererseits bei Tage, wo die Bildung der Kohlehydrate durch Assimilation vor sich geht, auch die Wanderung derselben eine lebhaftere sein wird, um es verständlich zu machen, dass sich in die Leitungsbahnen die Kohlehydrate vorübergehend abspeichern und als transitorische Stärke niederschlagen. In der That finden wir transitorische Stärke vorwiegend in dem Leitparenchym. Im Winter wird oft das gesammte Leitparenchym zu Speicherparenchym (s. Speichergewebe).

Das Leitparenchym ist der wichtigste Theil des Leitungssystemes plastischer Baustoffe. Denn wenn man berücksichtigt, wie wenige Siebröhren leitend bleiben und mit welchen Schwierigkeiten die Wanderung des Plasmas in denselben zu kämpfen hat, so wird man immer von Neuem auf das Leitparenchym, als das bei Weitem wichtigste Leitungsgewebe plastischer Substanzen hingewiesen.

Bezüglich der Uebergangsbildungen zwischen Holzparenchym und Libriform vergl. den Abschnitt Holzkörper (weiter hinten).

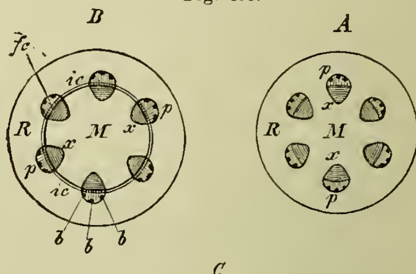
Der Strom der plastischen Baustoffe geht aus den Blättern, wo die Hauptmasse derselben erzeugt wird, abwärts durch die Blattstiele in

den Stengel, theilt sich hier und geht einerseits aufwärts zu den Vegetationspunkten des Stengels und den Fortpflanzungsorganen, besonders den Reservebehältern der Samen, andererseits abwärts zu den Vegetationspunkten der Wurzel und etwa vorhandenen unterirdischen Reservebehältern oder endlich zu den cambialen Regionen, respective überall dahin, wo Neubildung von Zellen stattfindet. In den Vegetationspunkten und den Cambien liefern sie das Material für die Neubildung von Zellen, in den Reservebehältern werden die von der Pflanze selbst nicht verbrauchten Antheile der plastischen Baustoffe für das folgende Jahr aufgespeichert. Die Bahnen der plastischen Baustoffe sind also viel mannigfaltiger als die des Wassers.

Gefässbündelverlauf.

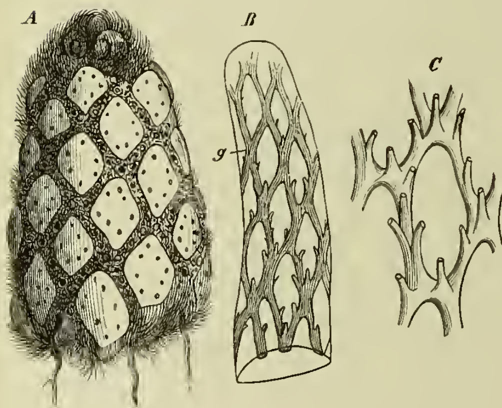
Die Gefässbündel durchziehen alle Organe der Pflanze — Wurzeln, Stengel, Blatt, Blüthenorgane, Frucht, Samen — nur das Endosperm und Perisperm sind frei davon. Die Anordnung und der Verlauf der Gefässbündel [1]) ist ein sehr mannigfaltiger, wird aber im Allgemeinen von der Blattstellung beherrscht.

Fig. 406.

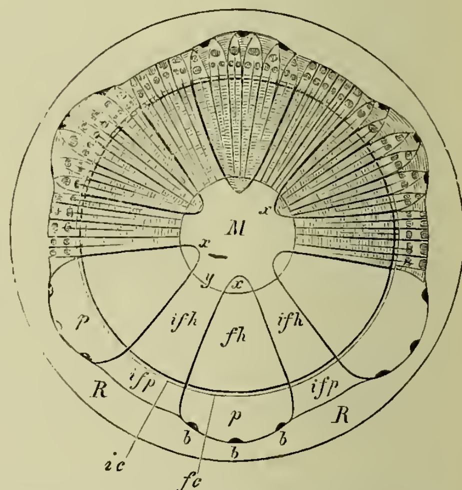


Der Verlauf der Bündel in beblätterten Stengeln

Fig. 405.



Rhizom von *Aspidium Filix mas*. *A* vorderes Ende des Stammes, in den hellen rhombischen Feldern die Austrittsstellen der Gefässbündel in die (abgeschnittenen) Blattbasen zeigend, *B* gefaultes Stammstück, *g* Gefässbündel, *C* einzelnes Strangstück, stärker vergrössert (Sachs).



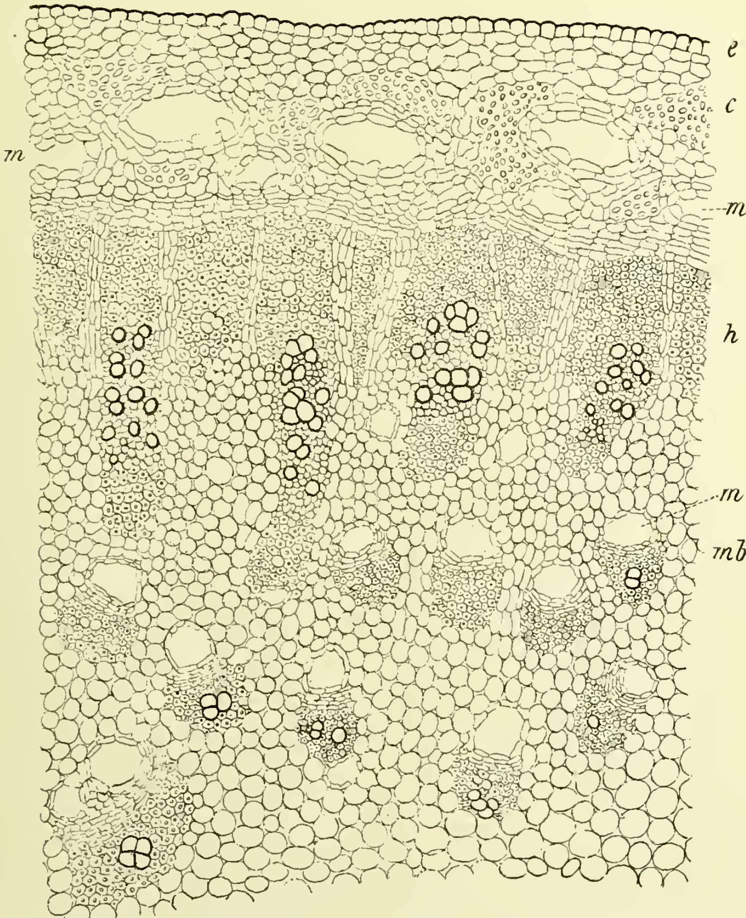
Schema für das secundäre Dickenwachsthum eines Dikotylenstammes. *A*, *B*, *C* successive Stadien, *R* primäre Rinde, *M* Mark, *p* Siebtheil, *x* primärer Holztheil. *fc* Fascicularcambium, *ic* Interfascicularcambium, *b* Bastzellgruppen, *ifh* Interfascicularholz, *ifp* Interfascicularer Siebtheil (Sachs).

und Stämmen ist im Allgemeinen ein longitudinaler, doch durchziehen dieselben die Stengelorgane gewöhnlich nicht genau in der Längsrichtung,

[1]) Ueber Anordnung und Verlauf der Gefässbündel. Vergl. de Bary, Vergl. Anatomie (dort auch die Literatur: Mohl, Nägeli, Hanstein, Falkenberg) und Haberlandt, Physiolog. Anatomie.

sondern in radialschiefen oder tangentialschiefen flachen Curven. Tritt ein Strang oben in ein Blatt aus, gehört er also unten dem Stamme, oben dem Blatte an, so spricht man von einem gemeinsamen Strange und nennt den im Stengel verlaufenden Theil einen Blattspurstrang; bleibt der Strang aber im Stamme, so nennt man ihn einen stammeigenen. Diese letzteren können Verzweigungen in Blätter entsenden, ohne dadurch zu gemeinsamen Strängen zu werden.

Fig. 407.



Querschnitt durch die Randpartie eines Stengels von *Ferula galbaniflua Boissier et Buhse*. *e* Epidermis. *c* Collenchym. *m* schizogene Milchsaftbehälter. *h* Gefässbündelcylinder. Die einzelnen Bündel in starken Libriformpanzern. *mb* Markständige Gefässbündel (Tschirch).

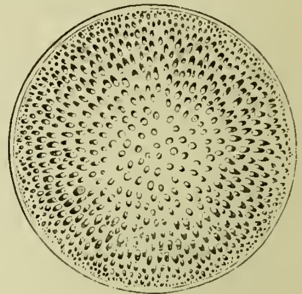
Nach unten zu kann der Strang entweder isolirt verlaufen (getrenntläufige Bündel) oder aber sich mit anderen vereinigen (vereintläufige Bündel). In den Blattstiel tritt für gewöhnlich nur ein Strang ein.

Man kann 4 Typen des Gefässbündelverlaufes unterscheiden.

Der einfachste Typus zeigt einen axilen Strang, von dem sich einzelne Bündel abzweigen. „Dieser axile Strang ist entweder stammeigen oder er baut sich aus den axilen Schenkeln der successiven Blattspurstränge auf, welche der Länge nach mit einander verschmelzen" (Moose, Gefässkryptogamen, Wasserpflanzen).

Der zweite Typus ist der des durchbrochenen Bündelrohres. Der anfangs axile Strang erweitert sich zu einer Röhre, die ein Mark umschliesst und ihrerseits von Rinde umgeben wird. Unter jeder Blattbasis findet sich am Bündelrohr eine mehr oder weniger grosse Lücke oder Spalte (Blattlücke), und das Bündelrohr erhält daher bei dichtgedrängter Blattstellung und geringer Stengelstreckung das Aussehen eines hohlcylindrischen weitmaschigen Netzes. Von den Maschenrändern zweigen sich alsdann die Blattbündel schief nach oben ab (Farnstämme), z. B. Stammende von *Aspidium Filix mas*, Fig. 405).

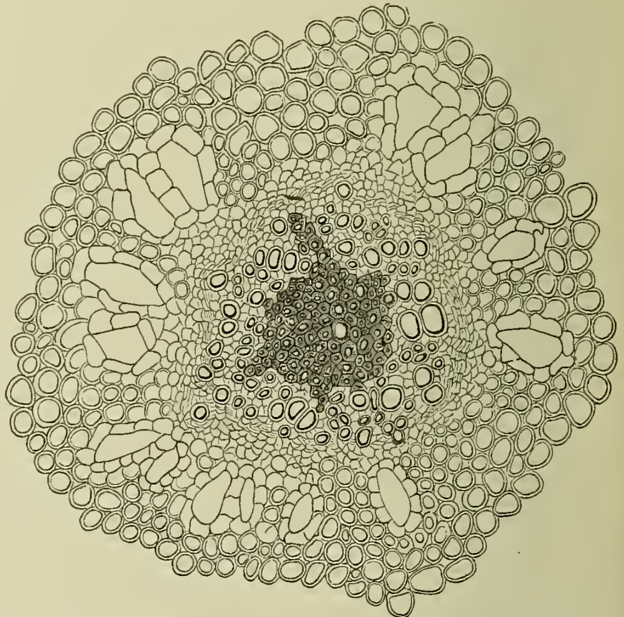
Fig. 408.



Querschnitt durch einen Palmstamm mit regellos vertheilten Gefässbündeln (Frank).

Der dritte Typus wird als Dicotyledonentypus bezeichnet, da er namentlich bei diesen vorkommt, er wird aber auch bei *Gymnospermen*, *Gefässkryptogamen* und einigen *Monocotylen* beobachtet. Er ist dadurch charakterisirt, dass alle primären Stränge gemeinsame Stränge sind, die bogenförmig in den Stamm eintreten und — als Blattspurstränge — durch ein oder mehrere Internodien nach unten laufen. Dabei bleibt ihre Entfernung von der Achse des Organes stets annähernd dieselbe, sie laufen also parallel mit dieser. „Die Blattspurstränge legen sich entweder ungetheilt oder nach vorhergegangener Theilung an die tiefer austretenden Stränge seitlich an und verschmelzen mit ihnen, so dass eine einseitigsympodiale oder eine netzförmige Verbindung der Blattspuren zu Stande kommt.“ Die einzelnen, durch primäre Markstrahlen von einander getrennten Bündel sind zu einem Ringe (Gefässbündelring) angeordnet; der von der primären oder Mittelrinde und der Aussenrinde umgeben wird und seinerseits das Mark umgibt (Fig. 406).

Fig. 409.



Querschnitt durch den mittleren Theil der *Arnica-Wurzel* mit dem centralen Gefässbündel und einem Kreise von Oelbehältern. In der Mitte liegt ein Libriformstrang. Das secundäre Dickenwachsthum hat begonnen (Tschirch).

Durch diese Anordnung entsteht das typische Querschnittsbild der Dicotylen-Stengelorgane: Centrales Mark, kreisförmiger Gefässbündelcylinder, peripherische Rinde (Fig. 406).

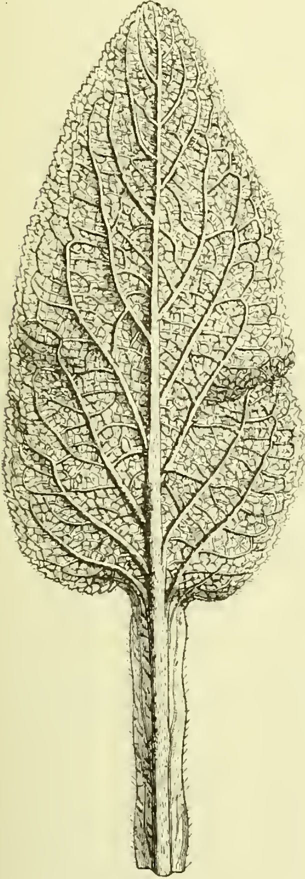
Im Einzelnen ist die Mannigfaltigkeit der Anordnung gross, auch Abweichungen vom normalen Typus (Anomalien) sind nicht selten.

Zu diesen gehören die häufig vorkommenden markständigen Bündel, die entweder in den Stamm eindringende Blattspuren *(Cucurbi-*

taceen, Piperaceen, Papaver) oder stammeigene Bündel *(Umbelliferen [Ferula* (Fig. 407), *Peucedanum, Opoponax*], *Begonien)* sind und die selteneren rindenständigen Bündel, die ausserhalb des Bündelkreises liegen und entweder Ausbiegungen von Verzweigungen der Blattspuren oder selbstständige Blattspurstränge sind, im letzteren Falle also ein selbstständiges Rindenbündelsystem darstellen.

Der vierte Typus ist der Palmentypus. Bei ihm sind sämmtliche Bündel gemeinsame, deren Blattspurstränge vom Stamme in grosser Zahl in die Blattspurstränge der breiten Blattbasen eintreten. Die Blattspurstränge dringen ungleich tief in den Stamm ein, der Medianstrang am tiefsten.

Fig. 410.



Blatt von *Digitalis purpurea* (Planchon).

Alle gegen die Stammachse vordringenden Bündel wenden sich bogig nach aussen und nähern sich radial-schief abwärts laufend der Peripherie des Stammes, blos die seitlichen Bündel steigen annähernd senkrecht herab.

„Jeder radialschiefe Strang verläuft auch in spiralig tangentialschiefer Krümmung, die um so auffälliger wird, je kürzer die Internodien sind“ und um so mehr sich verwischt, je länger diese sich strecken. „Alle Bündel steigen getrenntläufig durch viele Internodien abwärts bis sie sich schliesslich in der Peripherie des Stammes an tiefer unten austretende Blattspuren anlegen.“ Dieser Bündelverlauf bedingt den typischen Querschnitt der Monocotylenstengel: zahlreiche über die Querschnittsfläche regellos vertheilte, gegen die Peripherie dichter stehende, innen zerstreute (Fig. 408) oder zu einem „lockeren, nicht regelmässigen Cylinder“ vereinigte (Fig. 431, 432, 436) Gefässbündel.

Von diesem Typus gibt es zahlreiche Modificationen, z. B. nebenher „rindenständige“, d. h. ausser dem „Cylinder“ liegende Bündel (bei den *Scitamineenrhizomen* und *Rhiz. graminis* [Fig. 436 *rb*]); auch Uebergänge zum Dicotylentypus finden sich reichlich. Die bemerkenswertheste Modification ist das Auftreten von Anastomosen, wie man sie besonders in den Knoten der *Gramineen*halme beobachtet.

Der Bündelverlauf in den Wurzeln ist sehr viel einfacher. Der Regel nach findet sich ein axiler Strang, doch ist derselbe bisweilen durch secundär entstehendes Mark oder Libriform zu einem Cylinder erweitert (Fig. 409). Das primäre Bündel ist axil. Bei den zu Reservebehältern werdenden, angeschwollenen Nebenwurzeln der *Orchis*- und *Aconitum*-Arten *(Salep*- und *Aconit*knollen*)* ist der axile Strang in einen Kreis kleiner, weit von einander entfernter Bündel aufgelöst.

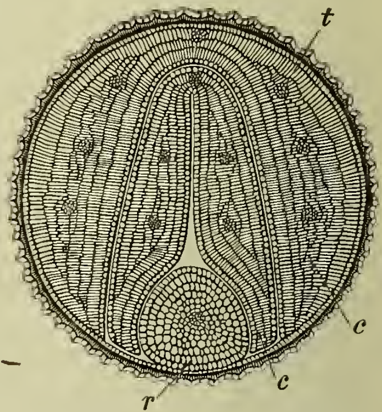
Der Bündelverlauf in den Blättern, der die Nervatur des Blattes bewirkt, lässt zwei Typen erkennen. Entweder verlaufen die Nerven longitudinal getrenntläufig oder sie anastomosiren mit einander.

Im ersteren Falle tritt entweder das Blattstielbündel einfach und ungetheilt in das Blatt ein, oder es gabelt sich an der Basis des Blattes in mehrere, parallel verlaufende Aeste oder ein Centralstrang gabelt sich oft wiederholt in einzelne, nicht mit einander anastomosirende Aeste. Diesen

einfachsten Fall der Nervatur findet man bei *Moosblättern*, den *Equiseten*schuppen, den *Farn*wedeln, den *Coniferen*nadeln und den Niederblättern, sowie den meisten Kelchblättern und Blüthenblättern, Staub- und Fruchtblättern der *Angiospermen*.

Der zweite Typus, den wir bei den meisten Laubblättern, Phyllocladien und Cladodien finden, zeigt zahlreiche Anastomosen zwischen den Nerven. Dabei sind zwei Fälle möglich. Entweder gabelt sich das vom Blattstiele eintretende Bündel an der Blattbasis in zahlreiche, mehr oder weniger gleichwerthige, nahezu parallele, bogig nach oben verlaufende, durch sehr zarte Queranastomosen mit einander verbundene Nerven — ein Hauptnerv fehlt also und alle Nerven sind gleicher Ordnung, — parallelnerviges Blatt *(Monocotylen)* — oder der Blattstielstrang tritt als Hauptnerv in das Blatt ein und verzweigt sich reichlich in mit einander anastomosirende Nerven verschiedener Ordnung (Fig. 410). Von denen höherer Ordnung treten die blind endigenden Gefässbündelenden in die Blattfacetten[1]) ein. Dadurch entsteht ein dichtes Netzwerk zarter Nerven — fiedernerviges Blatt *(Dicotylen)*. Die stark transpirirenden Laubblätter haben also ein viel reicher ausgebildeteres Canalisationssystem als die Blüthenblätter und Schuppen, welches namentlich durch die zahlreichen Anastomosen eine ebenso gleichmässige, wie ausgiebige Wasserversorgung der Blattfläche ermöglicht und auch beim Durchschneiden eines der Hauptstränge, z. B. durch mechanische Verletzung (Insectenfrass), noch eine ungehinderte Wasserversorgung möglich macht.

Fig. 411.



Querschnitt durch einen Samen von *Sinapis nigra*. *c* Cotyledonen, *r* Radicula, *t* Procambiumstrang (Tschirch).

In den Elementen der Staubfäden verläuft meist ein centraler Strang (Fig. 148). Die Carpelle verhalten sich wie die Kelch- und Blüthenblätter. Ihre Stränge anastomosiren nicht. In den Samen tritt an der Anheftungsstelle desselben ein Strang ein. Derselbe verläuft entweder als Raphe, ungetheilt bis zur Chalaza des Samens und gabelt sich hier in zahlreiche rückläufige Stränge (bei aus anatropen Ovulis hervorgegangenen Samen, sehr schön z. B. bei der *Mandel*) oder aber er gabelt sich unmittelbar nach dem Eintritt in zahlreiche Stränge (bei vielen aus campylotropen und atropen Ovulis hervorgegangenen Samen) oder er gabelt sich gar nicht. Die Stränge verlaufen alle in der Samenschale, oft in der sog. Nährschicht. So lange der Strang ungetheilt ist, gehört er dem Funiculus an und man kann ihn also Funicularstrang nennen. Bei den *Umbelliferen* liegt derselbe an der Commissuralseite, bei der *Mandel* an der einen Kante. Die zarten Bündel oder Procambiumstränge der Cotyledonen und der Radicula (Fig. 411) zeigen wenigstens andeutungsweise die Anordnung, wie sie Blatt und Wurzel erkennen lassen. In den blattartigen Cotyledonen bilden z. B. die Procambiumstränge ein anastomosirendes Netz, in der Radicula einen centralen Strang *(Kaffee, Ricinus)*.

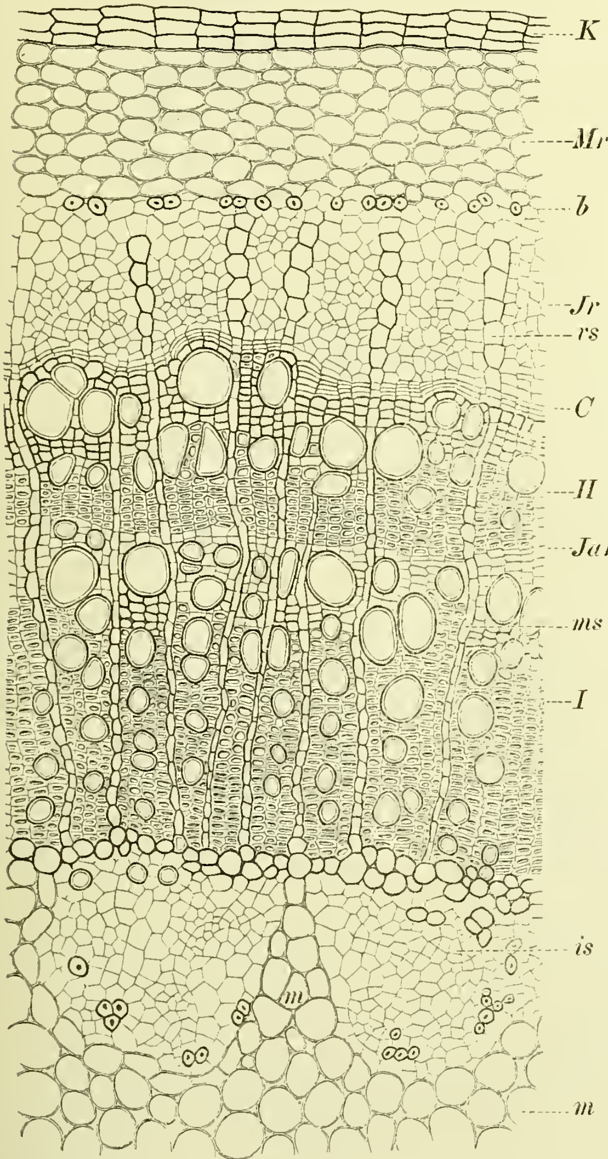
Auch Griffel und Narbe sind oft reichlich von Gefässbündeln durchzogen. So verzweigt sich z. B. jedes der drei Bündel des *Crocus*griffels in den Narben reichlich. Anastomosen finden sich weder hier, noch bei den Samenschalenbündeln.

[1]) Facette, kleine Fläche, Rautenfläche, Abschnitt.

Bau der Gefässbündel.

Schon oben habe ich erwähnt, dass sowohl die Wasser, wie die plastische Stoffe leitenden Elemente sehr häufig zu besonderen Strängen zusammentreten. Dabei sind zwei Möglichkeiten gegeben. Entweder vereinigen sich nur wasserleitende oder nur eiweissleitende Elemente zu einem Strange oder beide treten zu einem gemeinsamen „Bündel" zusammen. Die ersteren Stränge nennt man einfache, die letzteren zusammengesetzte Gefässbündel (Leitbündel).

Fig. 412.



Querschnitt durch einen zweijährigen Zweig von *Solanum Dulcamara (Stipites Dulcamarae)*. *K* Kork, *Mr* Mittelrinde (primäre Rinde). *b* Bastzellen. *Jr* Innen- (secundäre) Rinde. *rs* Rindenstrahl. *c* Cambium, *Jar* Jahresring des Holzkörpers. (*I* erstes Jahr. *II* zweites Jahr). *ms* Markstrahl. *is* innerer Siebtheil. *m* Mark (Tschirch).

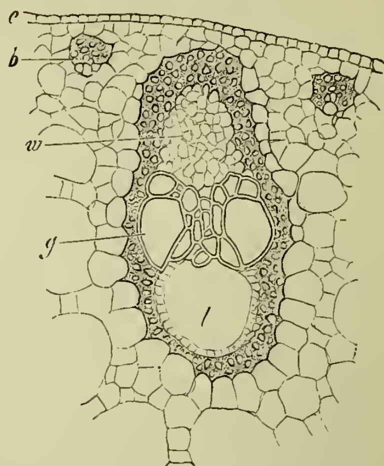
Einfache Leitbündel sind z. B. die nur aus Tracheïden bestehenden Gefässbündelendigungen in den Blättern, die von den Nerven in die Blattfacetten eindringen, ferner die einzelnen, von starken Bastzellpanzern umgebenen Gefässe oder Tracheïden, in den Rippen zahlreicher *Umbelliferen* - Fruchtschalen, in dem Flügelblatte der Lindeninflorescenz, in dem Mesocarp der *Tamarinden*-Frucht, ferner die Netzfasertracheïdensäume des Transfusionsgewebes (s. oben S. 389) u. and.[1] Alle diese einfachen Leitbündel bestehen nur aus wasserleitenden Elementen.

Aber auch isolirte (nicht mit wasserleitenden verbundene) eiweissleitende Stränge finden sich da und dort, besonders in Blüthenschäften, im Mark und in der Rinde verstreut, sowie Kohlehydrate leitende, isolirte Leitparenchymstränge in Blättern (Haberlandt). Isolirte Sieb- und Cambiformstränge gibt de Bary an im Mark, besonders an der Peripherie desselben bei *Myrtaceen, Daphne, Strychnos, Apocyneen, Asclepiadaceen, Convolvulaceen*, im Stengel von *Solanum tuberosum*

[1]) Auch das Absorptionsgewebe der *Orchideen*-Luftwurzeln besteht aus Tracheïden. Weitere Fälle isolirter Tracheïdenstränge siehe bei de Bary (Anatomie, S. 236).

Dulcamara (Fig. 412), *Nicotiana, Datura,* bei *Campanulaceen*, bei *Cichoriaceen*, *Lactuca, Scorzonera, Tragopogon)*. Da einige dieser Stränge dem Holztheile sehr genähert oder angelagert sind, fasst man diese dann wohl besser als die i n n e r e n S i e b t h e i l e bicollateraler Bündel auf (vergl. S. 361). In *Umbelliferen*stengel *(Opoponax)* habe ich im Mark isolirte Siebstränge beobachtet [1]) und in der Rinde dicker *Cucurbitaceen*stengel sind nach SANIO isolirte Siebstränge eine ganz constante Erscheinung *(Cucumis, Cucurbita* [2]*)*.

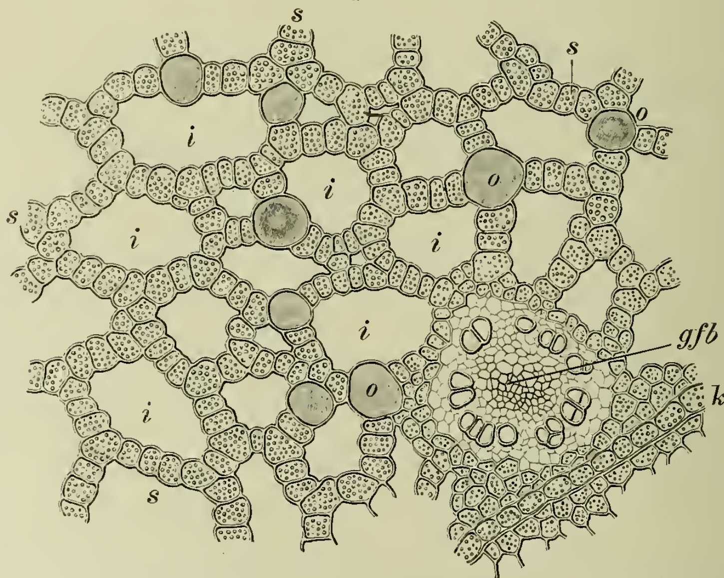
Fig. 413.



Collaterales Gefässbündel aus dem Blatte von *Acorus Calamus*. *w* Siebtheil. *g* Gefässtheil (de Bary).

Meist sind jedoch die wasser- und eiweissleitenden Elemente zu gemeinsamen Strängen vereinigt, die wir mit den Namen z u s a m m e n g e s e t z t e L e i t b ü n d e l, L e i t b ü n d e l - C a t e x o c h e n, G e f ä s s b ü n d e l. Mestom, Fibrovasalstränge ex parte [3]), Fasciculi vasorum (vergl. S. 327) bezeichnen. Mit diesen Strängen ist oftmals auch das Leitparenchym räumlich vereinigt, namentlich in Form von Parenchymscheiden die Bündel umgebend (Fig. 404, 418) oder in Gestalt von Markstrahlen und Holzparenchym dieselben durchziehend (Fig. 412), doch nimmt dasselbe auch insofern eine gesonderte Stellung ein,

Fig. 414.



Querschnitt durch einen Theil des Rhizoms von *Acorus Calamus L.* an der Endodermis *(k)*. *s* stärkeführendes Parenchym, *i* Intercellularräume, *o* Oelzellen, *gfb* concentrisches Gefässbündel mit centralem Siebtheil und peripherischem Gefässtheil. Vergr. 110 (T s c h i r c h).

---

[1]) Arch. d. Pharm. 1886, S. 842, Fig. 15.

[2]) Im Uebrigen vergl. DE BARY, Anatomie, S. 242.

[3]) Von NÄGELI eingeführter Name. Von *Fiber*, Faser und *vas*, Gefäss. Zu den Fibrovasalsträngen im NÄGELI'schen Sinne gehören ausser den leitenden Elementen auch die die Bündel bescheidenden oder durchsetzenden mechanischen Elemente (Bastzellen und Libriform), die hier davon getrennt und zum „mechanischen Gewebe" vereinigt sind. Der NÄGELI'sche Fibrovasalstrang besteht also aus dem Holztheil + Libriform und dem Siebtheil + Bastbeleg.

als es durchaus nicht an die Bündel gebunden ist, sondern auch anderwärts, in Mark und Rinde reichlich auftritt.

Ein zusammengesetztes Leitbündel besteht demnach in seiner ausgebildetsten Form aus folgenden Theilen:

1. Gefässtheil
   (Holztheil, Hadrom[1]) Xylem ex parte[2])
   a) Gefässe } wasserleitend.
   b) Tracheïden }
   c) Holzparenchym, Wasser und plastische Stoffe leitend, bisweilen auch letztere speichernd.
2. Siebtheil
   (Leptom, Phloëm ex parte[3])
   a) Siebröhren mit Geleitzellen } plastische Stoffe und Eiweiss (?)
   b) Cambiform } leitend.
   c) Ploëmparenchym, lösliche plastische Stoffe leitend.
3. Parenchymscheiden, plastische Stoffe leitend.

Doch braucht nicht jedes zusammengesetzte Leitbündel alle diese Elemente zu enthalten. Es genügt, wenn es aus jeder der Gruppen (der Wasser, Eiweiss und Kohlehydrate leitenden Elemente) je einen Repräsentanten führt.

An einem zusammengesetzten Gefässbündel wird man also stets den Holztheil und den Siebtheil unterscheiden können, von denen jeder aus wenigen oder zahlreichen Elementen besteht.

Dass die topographisch oft mit den Leitbündeln verbundenen mechanischen Elemente (Strangscheiden, Bündelscheiden[4]) (S. 296 und Fig. 367, 403, 413, 415) nicht nothwendig zu dem Leitbündel gehören, sondern nur äusserlich mit demselben verbunden sind, zeigt schon der Umstand, dass es erstlich viele echte zusammengesetzte Leitbündel gibt, denen sie fehlen, und ferner oftmals die mechanischen Elemente auch anderwärts als in oder an den Leitbündeln auftreten. Physiologisch besitzen sie ja auch eine ganz andere Function (vergl. S. 286 u. flgd.).

Was der Grund ist, warum die Eiweiss und die Wasser leitenden Elemente zu Bündeln vereinigt sind, ist klar noch nicht erkannt.

Je nach der Lage des Siebtheils zum Holztheile kann man collaterale (bicollaterale), concentrische und radiale Bündel unterscheiden. Doch gibt es auch Fälle, wo das Bündel in seinem unteren Theile anders wie im oberen orientirt ist. So sind die in die Blätter austretenden Bündel (Blattspurstränge) von *Acorus Calamus* im Stengel (und Rhizom) concentrisch gebaut (Fig. 414), in den Blättern werden sie collateral (Fig. 413). Die eine der Orientirungsformen ist also in die andere übergegangen. Sehr eigenartig sind auch die letzten Endigungen (Gefässbündelendigungen, siehe oben S. 357 u. 373) und die Gefässbündelanastomosen, durch welche die Bündel mit einander in Verbindung treten, gebaut. Dieselben weichen von dem Baue der Bündel, von denen sie sich abzweigen, gleichfalls ab, und gehören der Regel nach zu den einfachen Leitbündeln mit ausschliesslich ausgebildetem Holztheil. Es kann also nicht nur im Längsverlaufe eines Bündels die eine Orientirungsweise zwischen Holztheil und Siebtheil in eine andere, sondern sogar ein zusammengesetztes in ein einfaches Leitbündel übergehen.

---

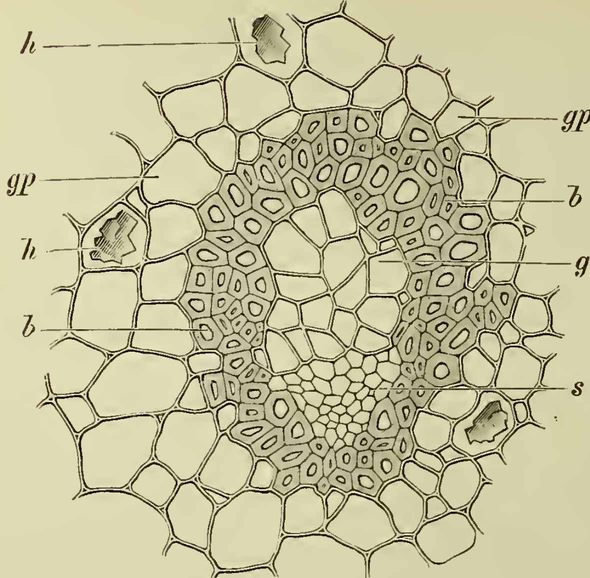
[1]) Vergl. auch die Anmerkungen auf S. 327.

[2]) Zu dem Xylem Nägeli's gehört auch das Libriform, das hier, als zum „mechanischen System" gehörig, davon getrennt ist.

[3]) Zu dem Phloëm Nägeli's gehören auch noch die Bastzellbelege, die hier gleichfalls davon getrennt und zum mechanischen System gezogen sind.

[4]) Zu den „Strangscheiden" rechnet de Bary nicht nur die Bastbelege, sondern auch die Endodermis und die Parenchymscheiden. Nur die letzteren gehören jedoch physiologisch zu dem Leitungssystem.

Fig. 415.

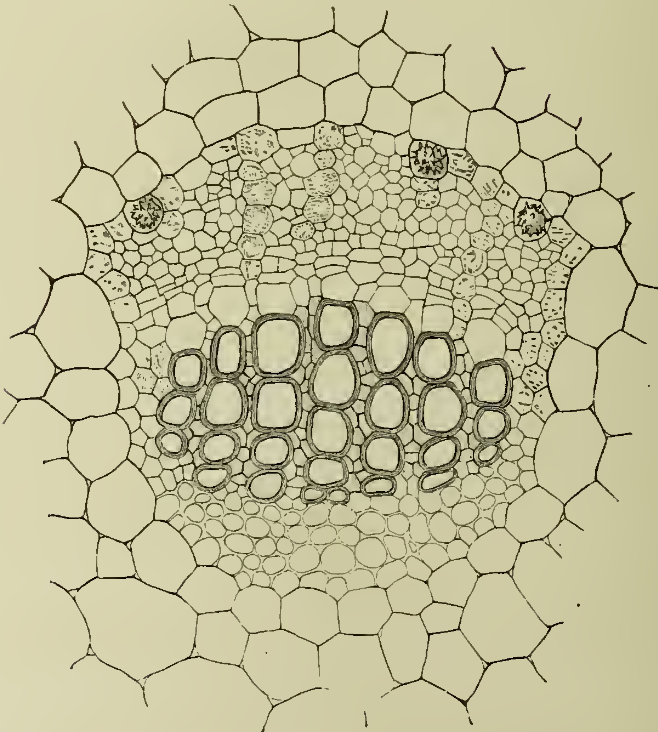


Collaterales Gefässbündel aus dem Rhizom von *Alpinia officinarum* (*Rhiz. galangae*) rings von einer Strangscheide (*b*) umgeben. *g* Gefässtheil, *s* Siebtheil, *gp* Grundparenchym, *h* Harzzelle (Tschirch).

Collaterale Gefässbündel.

Ein collaterales Bündel kommt dadurch zu Stande, dass der Gefässtheil und der Siebtheil mit einer Fläche an einander den übrigen an andere Gewebe grenzen (Fig. 403, 413, 415, 416, 418—420), ein bicollaterales (doppelt collaterales) dadurch, dass zwei Siebtheile gegenüberliegenden Seiten eines Gefässtheils anliegen (Fig. 412). Die Bündel im Stamm und Laub der *Phanerogamen* sind mit wenigen Ausnahmen collateral, bicollaterale finden sich besonders bei den *Solanaceen* (*Stipites Dulcamarae* [Fig. 412], *Fol. Hyoscyami* [Fig. 375]).

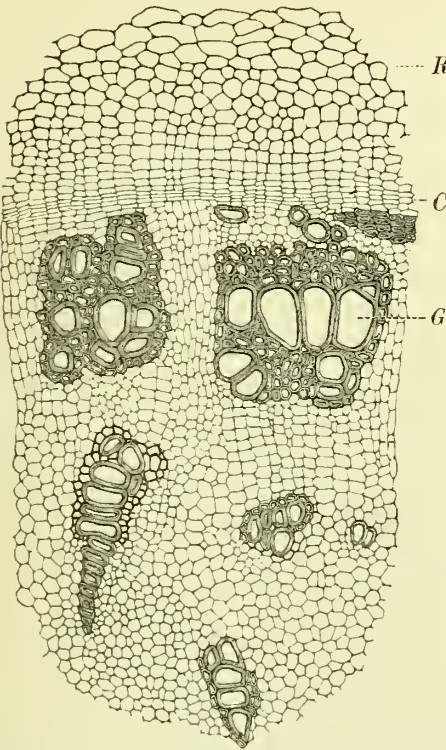
Fig. 416.



Collaterales Gefässbündel aus dem Blatte von *Malva silvestris*. Zwischen Gefäss- und Siebtheil liegt eine Cambiumzone. Die Unterseite liegt in der Figur oben (Haberlandt).

Für gewöhnlich ist bei runden oder eckigen Organen (Stengeln) der Gefässtheil der Mitte, der Siebtheil der Peripherie des Organes zugekehrt, ersterer liegt also innen, letzterer aussen. Bei den Blättern liegt der Gefässtheil der Oberseite, der Siebtheil der Unterseite zugekehrt (Fig. 419, 367, 366). Ausnahmen hiervon sind selten (*Dracaena* und *Agave*blätter, zerstreute Bündel in Stämmen und Blattstielen [z. B. Blattstiel der *Linde*]). Collaterale Bündel pflegen einen runden oder oblongen Querschnitt zu haben (Fig. 403, 415, 416). Der grössere Durchmesser liegt bei Stengelorganen meist in der Radialebene des Organs, bisweilen ist der Bündelquerschnitt abgeplattet, also tangential gestreckt, so besonders bei den randständigen Bündeln von *Monocotylen*stengeln *(Mais)* oder Blättern *(Scitamineen)*. In den meisten Fällen ist das collaterale Bündel monosymmetrisch gebaut, die Mediane liegt in der Symmetrieebene (Fig. 403).

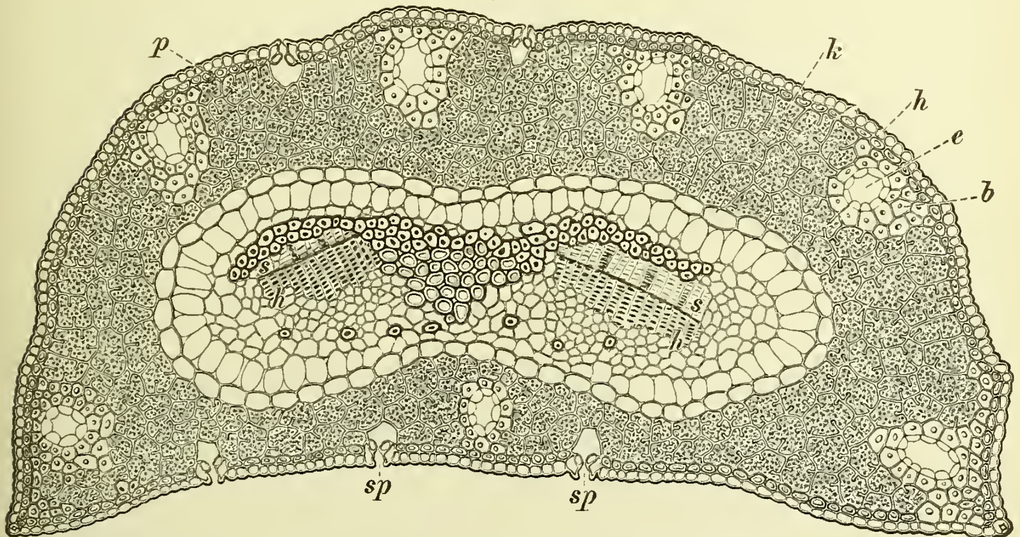
Fig. 417.



Querschnitt durch die Wurzel von *Atropa Belladonnae (Radix Belladonnae)*. *R* Rinde, *C* Cambium, *G* Gefässtheil (Tschirch).

Bei den primären collateralen Bündeln liegt an dem Innenrande des Holztheils eine kleine Zahl enger spiral- oder ringförmiger Gefässe mit steilen Spiralen oder

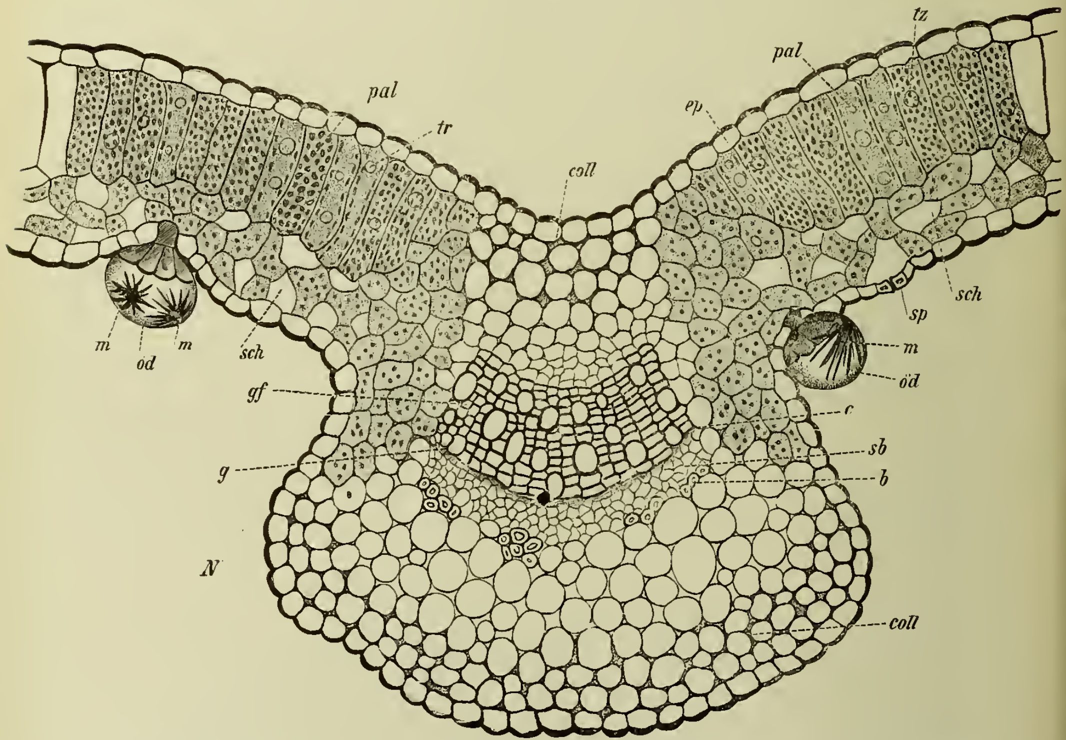
Fig. 418.



Querschnitt durch ein Blatt von *Pinus silvestris*. *h* Epidermis, *sp* Spaltöffnungen, *p* chlorophyllführendes Blattgewebe mit gefalteten Wänden, *b* mechanische Scheiden der Secretbehälter *(e)*, *k* derbe Parenchymscheide um den doppeltheiligen Mittelnerv, *s* Siebtheil, *h* Holztheil. Beiderseits vom Nervenbündel Transfusionsgewebe ohne Zellwandverdickungen (Tschirch).

entfernten Ringen, die bei der Gewebedifferenzirung zuerst entstanden sind (Erstlinge, Protoxylem, Russow). Ausserhalb von den Erstlingen folgen weitere Gruppen Tracheïden oder Gefässe, die, von Innen nach Aussen fortschreitend, entstanden sind und meist dichte Spiral-, Netz- oder Tüpfelgefässe führen. Die Entwicklung schreitet also von Innen nach Aussen (centrifugal) fort. Sehr schön sind diese sämmtlichen Gefässformen neben einander bei den Bündeln von *Rhiz. podophylli* zu beobachten. Innen liegen Ringgefässe, dann folgen Spiralgefässe mit weiter, dann solche mit enger Spirale, dann Leisten- und Netz- und endlich zu äusserst Tüpfelgefässe. Bei den Coniferen bestehen auch die primären

Fig. 419.



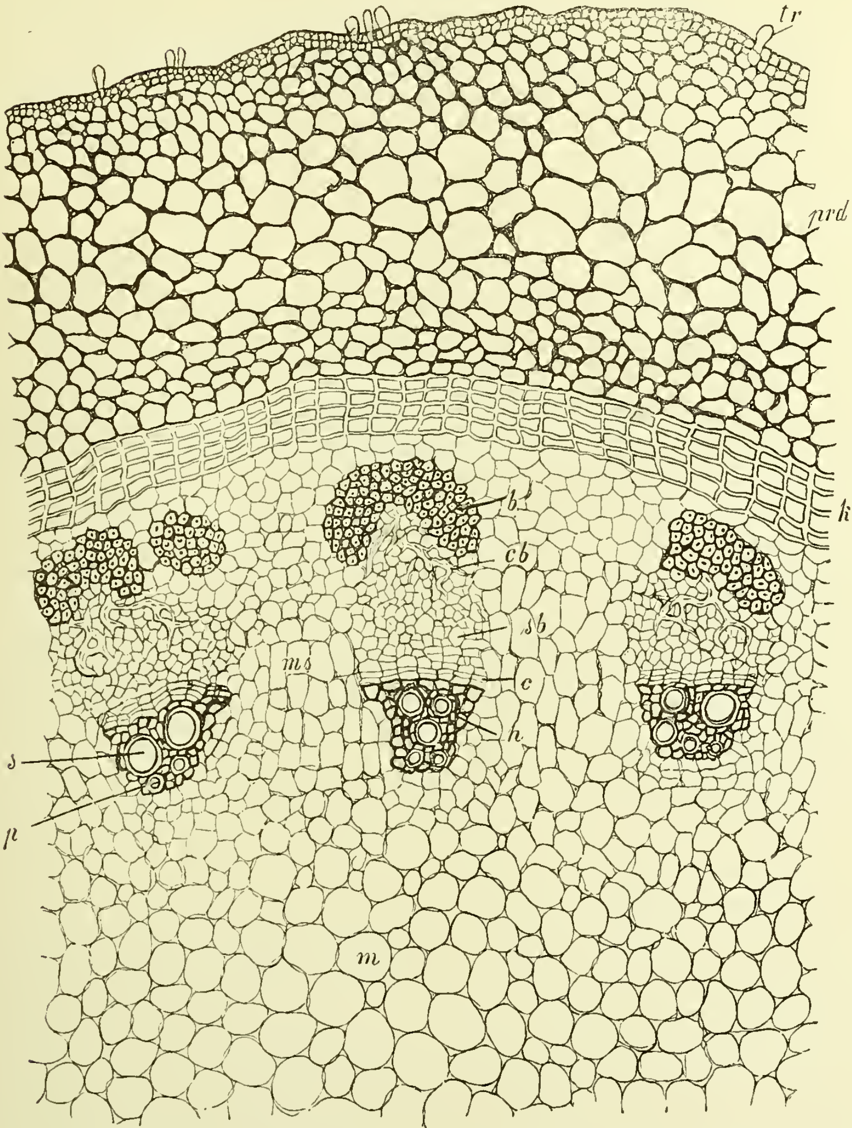
Querschnitt durch ein Blatt von *Mentha piperata* an der Mittelrippe. *ep* Epidermis, *pal* Palissaden, *tr* Oeltropfen, *coll* Collenchym, *sch* Schwammparenchym, *sp* Spaltöffnung, *öd* Oeldrüsen mit Mentholkristallen *(m)*, *gfb* Gefässbündel, *g* Gefässtheil, *c* Cambium, *sb* Siebtheil mit Bastzellen *(b)* (Tschirch).

Bündel nur aus Tracheïden. In den grossen Bündeln mancher Dicotylenblätter nimmt die Weite der Elemente erst successive nach Aussen zu und sinkt dann wieder auf eine, alsdann noch weiter nach Aussen zu gleich bleibende Durchschnittsgrösse *(Ilex, Camellia, Rosmarinus, Eucalyptus)*.

Bei den Bündelstämmen der *Dicotylen* und *Gymnospermen* bilden die trachealen Elemente Radialreihen (Fig 367, 418, 419), die sich entweder berühren oder durch Leitparenchym (Markstrahlen) getrennt sind (Fig. 416). Bei den *Monocotylen*bündeln bilden die Gefässe oft zwei, nach Art eines V, nach Aussen zu divergirende Reihen, in deren Schnittpunkte die Erstlinge liegen (Fig. 403, 413). Aehnlich ist der Bau bei *Ranunculaceen (Ranunculus)*. Der Raum zwischen den einzelnen Gefässgruppen wird entweder von Holzparenchym oder von Tracheïden eingenommen.

Der Siebtheil besteht entweder aus einem sehr regelmässigen Maschennetz von Siebröhren und Geleitzellen (*Gramineen: Saccharum,*

Fig. 420.



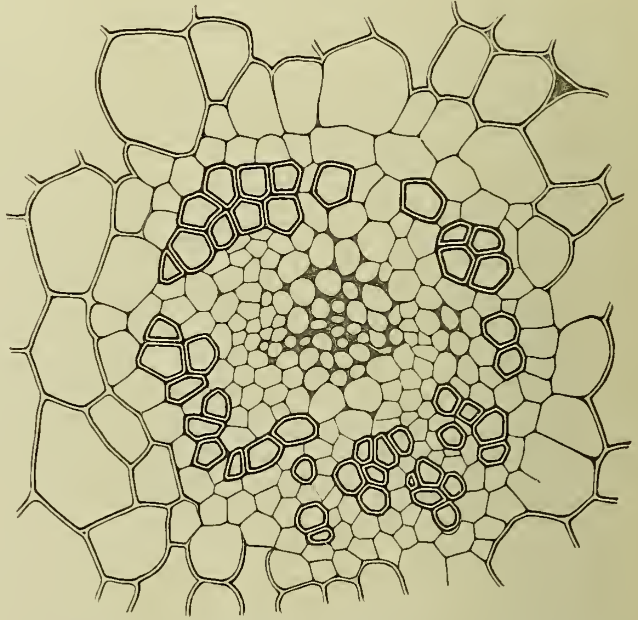
Querschnitt durch einen jungen Ausläufer von *Glycyrrhiza glabra. prd* primäre Rinde, *tr* Haare, *k* Kork (inneres Periderm), *b* Bastzellgruppen, *cb* obliterirter (primärer), *sb* functionirender (secundärer) Siebtheil, *c* Cambium, *h* Holztheil, *p* primäre, *s* secundäre Gefässe, *ms* Markstrahlen, *m* Mark (Tschirch und Holfert).

Mais (Fig. 403); *Ranunculaceen: Umbelliferen: Foeniculum),* oder aus engen Siebröhren, Cambiform und Geleitzellen, zwischen welchen Phloëmparenchym vertheilt ist (Fig. 415) und die oft von blind endigenden Rindenstrahlen, den Fortsetzungen der Markstrahlen, durchzogen sind (Blattstiel von *Olea europaea*, Stengel von *Lobelia,* succulente *Euphorbien*) oder aus regelmässigen Reihen dickwandiger Siebelemente (primäre Bündel der *Coniferenblätter*).

Die Ausbildung des Siebtheils collateraler Bündel schreitet in umgekehrter Richtung wie beim Gefässtheil, also von Aussen nach Innen (centripetal) fort. Die äussersten Elemente des Siebtheils (Protophloëm Russow) sind meist enger als die später gebildeten und obliteriren später oft (*Mais*stengel).

Der Procambiumstrang (primordiales Cambium), aus dem das Gefässbündel sich an der Vegetationsspitze differenzirt, geht bei den *Monocotylen* frühzeitig vollständig in Gefässbündelelemente, also Dauergewebe über, d. h. die zwischen Gefässtheil und Siebtheil liegende Zone bleibt nur kurze Zeit noch in meristematischem Zustande. Bei den *Dicotylen-* und *Gymnospermen*stämmen und Stengeln mit secundärem Dickenwachsthum bleibt jedoch zwischen Gefässtheil und Siebtheil dauernd eine Meristemzone (ein Reihencambium, Fig. 420) erhalten, die durch ihre Theilungen den Dickenzuwachs erzeugt. Bei den Blattbündeln dieser Pflanzen bleibt gleichfalls eine cambiale Partie erhalten, (Fig. 416, 419) doch ist deren Bildungsthätigkeit meist keine sehr erhebliche (Fig. 368, 375).

Fig. 421.



Concentrirtes Gefässbündel mit centralem Siebtheil und peripherischem Gefässtheil aus der *Rhiz. iridis* (Tschirch).

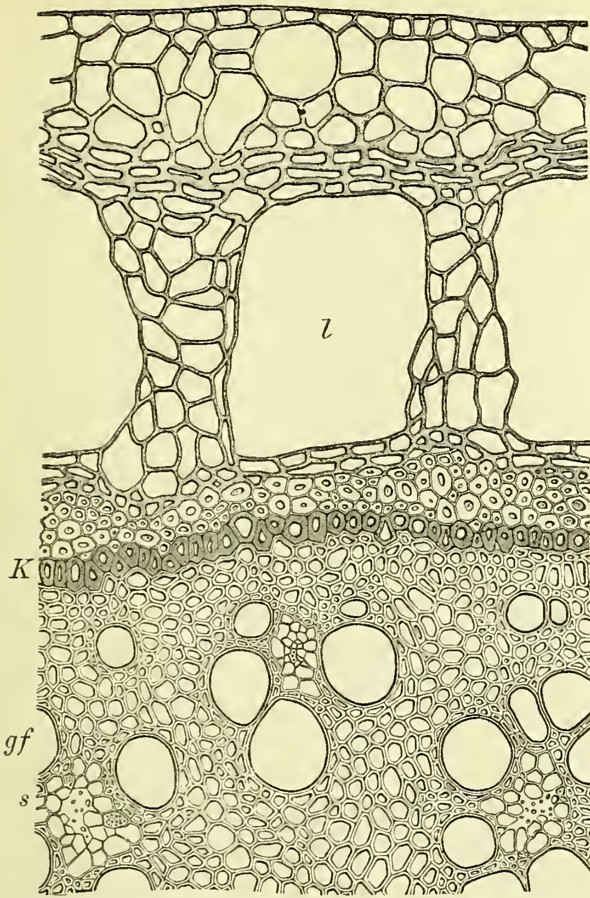
Bei zahlreichen collateralen Bündeln von *Monocotylen* (Stengel des *Mais* (Fig. 413 bei *l Saccharum*) und *Equiseten*, sowie besonders Wasserpflanzen (*Acorus Calamus* - Stengel und Blatt Fig. 413 *L*), *Cyperaceen*stengel), entsteht an der Seite der Erstlingsgefässe ein schizogener Luftcanal. Auch bei anderen Pflanzen (*Aroideen*) kommen Luftcanäle im Holztheil vor.

Schön ausgebildete collaterale Gefässbündel finden sich in den Nerven der *Fol. menthae* (Fig. 419), *Fol. Matico*, *Fol. Sennae* (Fig. 366), den Stengeln von *Conium maculatum*, der *Rhiz. graminis* (Fig. 436), *Zingiberis, Curcumae*, *Galangae* (Fig. 415), *Zedoariae;* ein Kreis collateraler Bündel in *Rhiz. podophylli*, den Ausläufern von *Glycyrrhiza* (Fig. 420, *Rhiz. imperator*, u. a.

Ueber die Bastzellbelege der Gefässbündel vergl. S. 359; bisweilen dringen Bastzellplatten zwischen den Siebtheil ein und erzeugen sogenannte Phloëmspaltungen (Kny). Ausser diesen mechanischen Belegen finden sich an collateralen Bündeln oftmals, sie rings umgebend, Parenchymscheiden selten eine Endodermis.

Die Rhizome verhalten sich wie die Stengel. Aber auch die meisten älteren Wurzeln besitzen collaterale Bündel (*Rad. angelicae*, Fig. 241, *Rad. belladonnae* Fig. 417), die auf unten zu schildernde Weise aus den primären radialen hervorgehen.

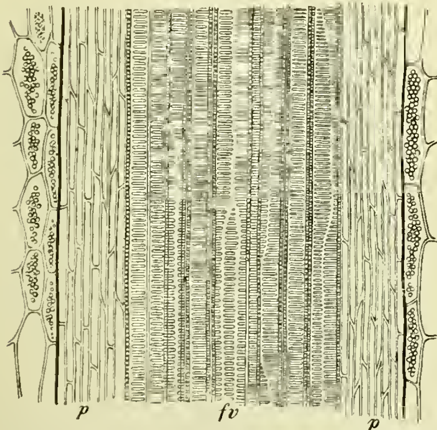
Fig. 422.



Rhizom von *Carex arenaria (Rhiz. Caricic).* Querschnitt durch die Randpartie. *l* Luftlücken, *K* Schutzscheide (Endodermis), *gf* Gefässe, *s* Siebtheil der concentrischen Gefässbündel (Tschirch).

Die bicollateralen Bündel unterscheiden sich dadurch von den collateralen, dass sie zwei Siebtheile besitzen, einen ausserhalb und einen innerhalb vom Gefässtheile. Sie finden sich bei den Blattspuren der *Cucurbitaceen,* bei den zu einem Ringe geordneten Blattspurbündeln im Stamme vieler *Dicotyledonen*, besonders *Solanaceen (Stipites Dulcamarae,* Fig. 412*), Cichoriaceen, Asclepiaceen, Apocyneen, Strychnos, Daphne.*[1]) Bisweilen ist der innere Siebtheil so weit von dem übrigen Bündel getrennt, dass man ihn als gesonderten Strang einfacher Gefässbündel (s. S. 358) betrachten kann. Auch kommen neben inneren Siebtheilen auch noch gesonderte Siebstränge vor *(Cichoriaceen, Solanum, Dulcamara* und *tuberosum, Myrtaceen.* z. B. *Eucalyptus, Myrtus, Melaleuca).*

Fig. 423.



Längsschnitt durch ein Gefässbündel des Rhizoms von *Aspidium filix Mas (Rhizoma filicis)* mit gefässartigen, treppenförmig verdickten Tracheïden *(fv).* *p* Siebtheil, den Gefässtheil umgebend (Berg).

Concentrische Gefässbündel.

Die concentrischen Gefässbündel sind dadurch ausgezeichnet, dass einer der beiden Theile den anderen umgibt, also entweder der Siebtheil den Gefässtheil (periphloëmatische, perileptomate Bündel) oder der Gefässtheil den Siebtheil (perixylematische, perihadromate Bündel). Der runde Siebtheil liegt in der Mitte bei den Bündeln einiger Monocotylenrhizome *(Rhiz. iridis* [Fig. 421], *Rhiz. caricis* [Fig. 422], *Rhiz. calami* [Fig. 414]*).* Diese Bündel entstehen aus collateralen, indem der Holztheil nach und nach den Siebtheil von

[1]) Auch die Farnbündel sind z. Th. bicollateral und collateral gebaut (Potonié).

beiden Seiten her umfasst.[1]) Das Protoxylem liegt an der Seite des Bündels, die der Innenseite des Organs entspricht.

Der Gefässtheil liegt in der Mitte bei den Farnen *(Rhiz. filicis*, Fig. 423) und einigen Dicotylen mit anomalen Bündeln (die später entstehenden Bündel bei *Tuber Jalapae* Fig. 246). Auch das axile Bündel vieler dicotylischen Wasserpflanzen *(Hippuris, Myriophyllum)* gehört hierher.

Der Querschnitt der Farnbündel ist ein sehr charakteristischer, bald kreisförmig, bald oval, band-, platten- oder sichel- bis omegaförmig. Bei den Bündeln des Wurmfarnrhizoms steht der centrale Gefässtheil durch zwei rechts und links gelegene Holzparenchymlamellen mit der Endodermis in Verbindung.[2]) Der Gefässtheil besteht stets (mit Ausnahme von *Pteris*) aus Tracheïden. Die grossen sogenannten Treppengefässe des Wurmfarnrhizoms (Fig. 423 *fv*) sind also keine Gefässe. Die engzelligen Erstlingsgruppen des Gefässtheiles liegen entweder zerstreut oder an der Peripherie der später entstehenden trachealen Elemente. Zwischen den Tracheïden liegen bisweilen stärkeführende Holzparenchymzellen (Geleitzellen Russow's). So bei *Rhiz. filicis.* Das obliterirte Protoleptom umgibt den eigentlichen Siebtheil oder durchsetzt diesen. Eine Endodermis und eine parenchymatische Phloëmscheide umgibt die Bündel. (Vergl. S. 377.)

Concentrische Bündel neben collateralen finden sich bei *Acorus Calamus* und in *Rhiz. veratri*, collaterale, in concentrische übergehend, in der *Rhiz. curcumae.*

Radiale Gefässbündel.

Bei den radialen Gefässbündeln liegen Gefäss- und Siebtheil seitlich neben-, nicht vor einander. Ihr Gefässtheil bildet mehrere radial von der Mitte ausstrahlende Bänder, zwischen denen eben so viele, mit ihnen alternirende Siebstreifen liegen. Bei allen radialen Bündeln beginnt die Entwicklung der Gefässbündelelemente im Gefässtheil sowohl, wie im Siebtheil an der Peripherie (Fig. 425 *p*) und schreitet nach der Mitte zu fort. Die äussersten Elemente sind also die ältesten, sie liegen an der Spitze der Strahlen und sind kleiner als die später entstehenden. Man kann nun entweder jeden Siebtheil und den daneben liegenden Holztheil als ein Bündel betrachten und z. B. wenn je 4 derselben vorhanden sind, von einer Wurzel mit 4 Bündeln sprechen oder — und dies geschicht gewöhnlich — man fasst das ganze als ein Bündel auf und bezeichnet es je nach der Zahl der Holzstrahlen, resp. der Anfangspunkte derselben als diarch, triarch, tetrarch, pentarch (Fig. 427), (polyarch[3]) (Fig. 424 und 425).

Radiale Bündel sind für die jungen Wurzeln so charakteristisch, dass es kaum eine (Knollen von *Dioscorea Batatas)* gibt, der sie fehlen. Mit derselben Regelmässigkeit freilich geht, bei den Dicotylen wenigstens, der radiale Bau im späteren Alter in den collateralen über. Ausserdem finden sich radiale Bündel in den Stengeln der *Lycopodiaceen (Lycopodium clavatum).*

Bei den Wurzeln ist der Centralstrang fast immer sehr regelmässig radial gebaut.[4]) Er besitzt einen mehr oder weniger runden Um-

---

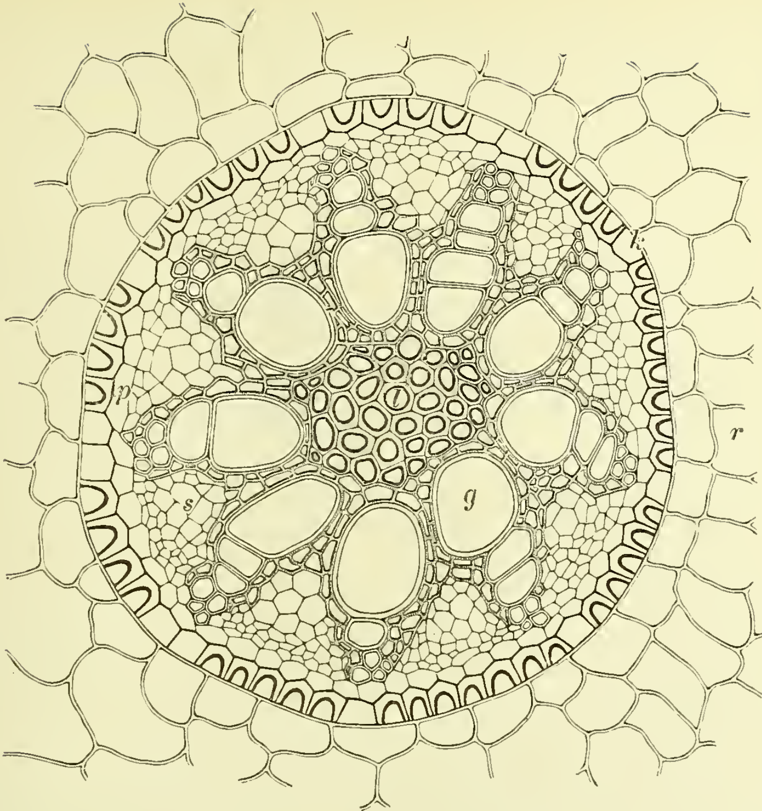
[1]) Vergl. auch Laux, Ein Beitrag zur Kenntniss der Leitbündel im Rhizom monocotylischer Pflanzen. Dissertation. Berlin 1887.

[2]) Dadurch wird das Bündel streng genommen eigentlich zu einem bicollateralen. Bezüglich der Farnbündel vergl. Potonié, Ueber die Zusammensetzung der Leitbündel bei den Gefässcryptogamen. Jahrb. d. bot. Ges. Berlin 1883.

[3]) ἀρχή Anfangspunkt, der Name rührt von Nägeli her.

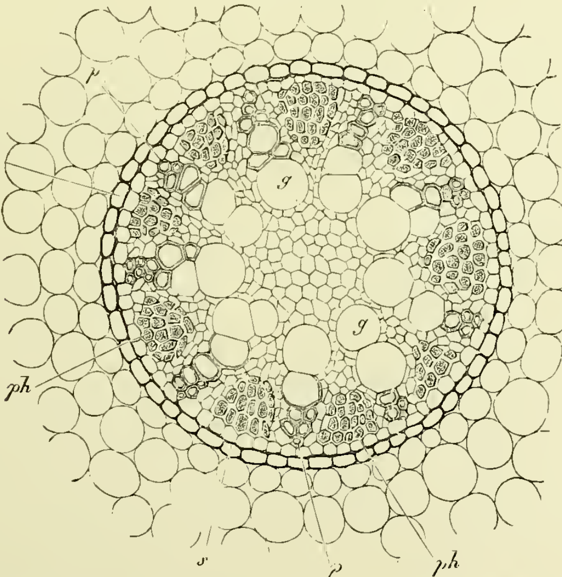
[4]) Vergl. die Arbeiten Nägeli's, van Tieghem's, Leitgeb's u. And. (de Bary, Anatomie, S. 365).

Fig. 424.



Querschnitt durch das centrale Bündel einer Wurzel von *Veratrum album* mit innen und an den Seiten verdickter Endodermis *(k)*. *g* Gefässplatten, *s* Siebtheil, *p* Pericambium, *r* primäre Rinde, *l* Libriform (T s c h i r c h).

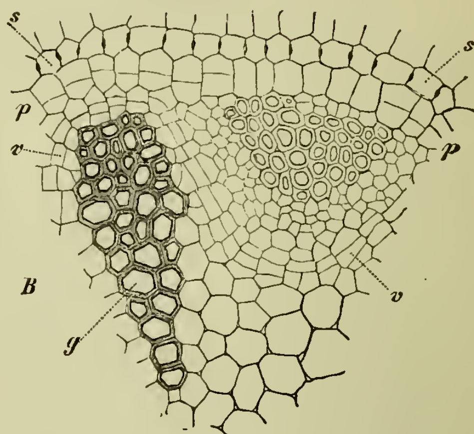
Fig. 425.



Querschnitt durch das centrale Bündel einer Wurzel von *Acorus Calamus*. *p* die engen Erstlingsgefässe, *g* die grösseren, später gebildeten, noch nicht vollständig verdickten Gefässe, *ph* Siebtheil, *s* Endodermis (Schutzscheide), darunter das einreihige Pericambium, ausserhalb der Endodermis die primäre Rinde (d e B a r y).

riss und ist rings von einer genetisch zur primären Rinde gehörigen und als innere Grenzschicht derselben zu betrachtenden Schutzscheide (Endodermis, Kernscheide, S. 375) umgeben, die entweder aus zartwandigen verkorkten oder aus mannigfach verdickten und verkorkten Zellen besteht. Dieselbe dient, wie wir später sehen werden, ausser mechanischen Zwecken dazu, die Diffusion der im Bündel geleiteten Stoffe in das Rindengewebe thunlichst zu hindern.

Fig. 426.

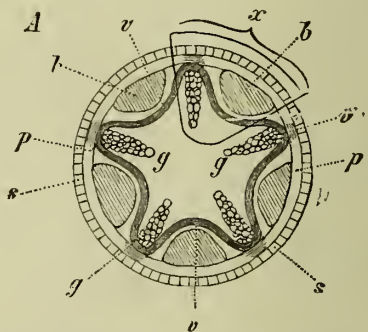


Ein radiales Bündel der Hauptwurzel von *Vicia Faba* nach Beginn des secundären Dickenwachsthums. Zwischen Holztheil *(g)* und Siebtheil hat sich ein secundäres Cambium *(v)* gebildet. *p* Pericambium, *s* Schutzscheide (Haberlandt).

Unmittelbar an die Endodermis schliesst sich eine meist ein-, selten zweireihige *(Bixa)*, ebenfalls ringsumlaufende, nur bei den Monocotylenwurzeln bisweilen an den Gefässstrahlen unterbrochenen Parenchymlage, das Pericambium[1]), in dem die Bildung der Seitenwurzeln ihren Anfang nimmt, daher auch rhizogene[2]) Schicht (VAN TIEGHEM) genannt; doch ist nicht das gesammte Pericambium rhizogen.

Der Gefässtheil ist bald diarch, bald polyarch, selbst bei ein und derselben Pflanze wechselnd. Die Anfangspunkte (das Protoxylem) liegen in regelmässigen Abständen von einander an der Peripherie vertheilt (Fig. 424, 425), bei diarchen Bündeln einander gegenüber *(Angelica)*. Von den Anfangspunkten aus entstehen alsdann centripetal und in fast genau radialer Richtungsfolge die neuen Gefässtheilplatten. Dieselben erreichen entweder alle die Mitte, treffen also dort zusammen oder erreichen diese nicht, alsdann liegt im Centrum entweder ein markartiges Parenchym (Fig. 425) oder ein Libriformbündel (Fig. 409, 424). Mit den Gefässplatten alterniren in gleicher Zahl und Anordnung die Siebstrahlen. Zwischen Gefäss und Siebstrahlen findet sich stets ein aus ein oder zwei (selten mehr) Lagen prismatischer Parenchymzellen bestehende Schicht, die die Gefässtheile und Sieb theile gewissermassen mit einander verbindet, als Verbindungsgewebe, tissu conjonctif (VAN TIEGHEM), bezeichnet wird, und unmittelbar neben welcher bei den Dicotylenwurzeln häufig schon sehr frühzeitig durch Tangentialtheilungen eine Meristemzone (Cambium, Folgemeristem, s. S. 239) erzeugt wird, welche das secundäre

Fig. 427.



Schematische Darstellung des Ueberganges radial-pentarcher Wurzelbündel von *Vicia* in collaterale. Bezeichnung wie in Figur 426 (Haberlandt).

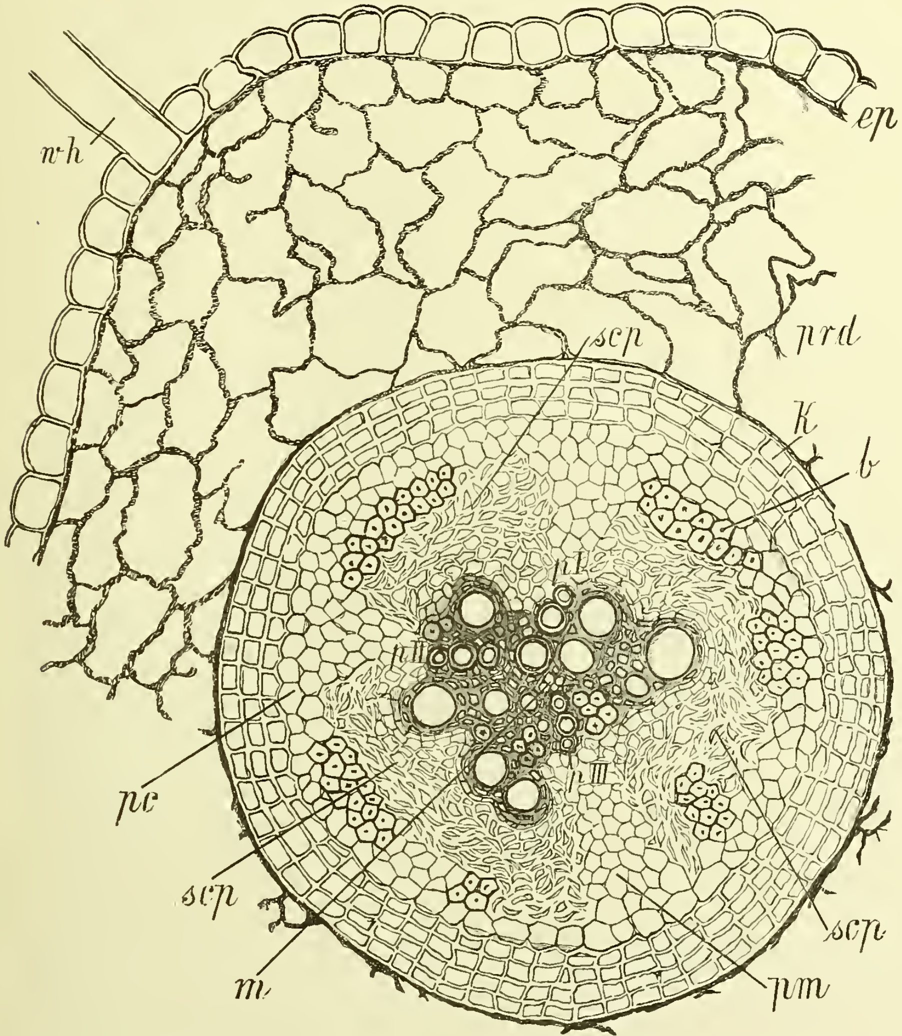
[1]) Von περί um und Cambium. Der Name wurde von NÄGELI und LEITGEB für diese Zone bei den Farnen eingeführt und von DE BARY auf alle anderen übertragen.

[2]) ῥίζα Wurzel, γεννάω erzeuge.

Dickenwachsthum dieser Wurzeln inaugurirt[1]) (Fig. 426 und 427) und das radiale in ein collaterales Bündel überführt (Fig. 428). Die Erstlinge des Gefässtheiles der radialen Bündel sind stets eng, die später entstehenden Elemente werden entweder sofort oder successive weiter.

Bei den Dicotylen ist das primäre Wurzelbündel oligarch[2]), meist di-, tri-, tetra-, seltener bis hex- und octarch. In den Hauptwurzeln ist

Fig. 428.



Querschnitt durch eine junge Wurzel von *Glycyrrhiza glabra* mit triarchem Bündel nach Eintritt des secundären Dickenwachsthums, im Begriff die primäre Rinde abzuwerfen. *ep* Epidermis, *wh* Wurzelhaar, *prd* primäre Rinde, *k* pericambialer Kork, *b* Bastzellgruppen, *scp* aussen obliterirter, innen leitender Siebtheil, *pc* Pericambium, *p I, II, III* primäre Gefässplatten, *pm* primäre Markstrahlen, *m* Anlage des Markes (Tschirch und Holfert).

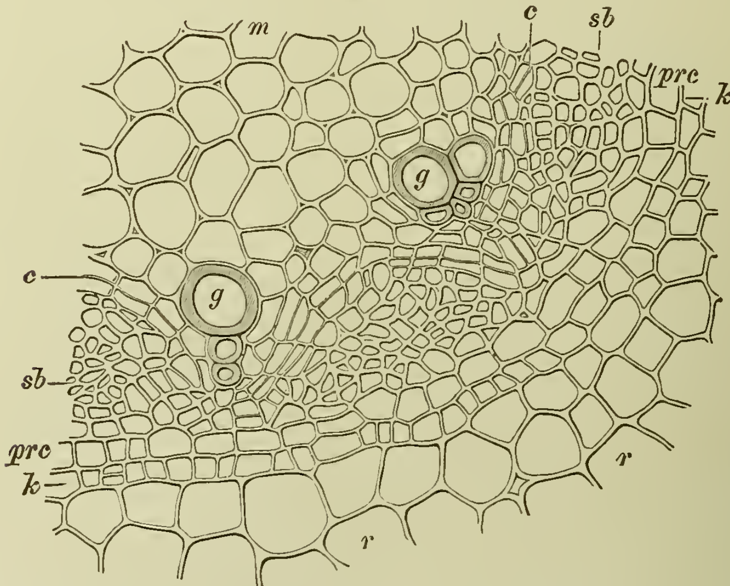
der Gefässtheil meist diarch-diametral oder tri-, beziehungsweise tetrarch, selten sind höhere Zahlen (*Quercus* 6—8, *Coffea* 8). Doch ist bei derselben

[1]) Die Tangentialtheilungen beginnen nicht eigentlich im Verbindungsgewebe, sondern in der innersten Partie des Siebtheils.

[2]) ὀλίγος wenig — also wenigstrahlig.

Art nicht immer dieselbe Ziffer zu finden. Diarchie findet sich bei den *Cruciferen* (*Brassica*, *Raphanus*), bei *Caryophylleen*, *Vitis*, *Urtica*, *Umbelliferen* (*Petroselinum*, *Foeniculum*, *Carum*, *Coriandrum*, *Angelica*, *Daucus*), *Chenopodiaceen* (*Beta*), *Valeriana*, *Compositen*, Tetrarchie bei *Cucurbitaceen* (*Cucumis*, *Cucurbita*); *Euphorbiaceen* (*Ricinus*, *Euphorbia*), *Convolvulus*. Diarche und tetrarche Bündel walten vor. Bei den *Leguminosen* herrscht grosse Mannigfaltigkeit; Diarchie findet sich bei *Lupinus*, *Trigonella*, Triarchie bei *Pisum*, *Ervum Lens*, Tetrarchie bei *Phaseolus*, *Dolichos*, höhere bei *Vicia Faba*. In Wurzelverzweigungen finden sich gewöhnlich die gleichen Zahlen, bei stammbürtigen Nebenwurzeln nehmen sie häufig zu (*Valeriana* 5—8).

Fig. 429.



Radiale Bündel der Wurzel von *Valeriana officinalis L.*; beim Beginn des secundären Dickenwachsthums (Uebergang in collaterale) zwischen Gefässplatten (*g*) und Siebbündeln (*sb*) ist eine Cambiumzone (*c*) entstanden. *prc* Pericambium, *k* Endodermis, *r* primäre Rinde (Tschirch).

Von den officinellen Wurzeln ist das primäre Bündel bei:

Arnica montana tetrarch,
Inula Helenium tetrarch-pentarch,
Taraxacum officinale diarch-triarch,
Cichorium Intybus diarch,
Valeriana officinalis diarch-triarch,
Cephaëlis Ipecacuanha diarch,
Krameria triandra wahrscheinlich triarch,
Glycyrrhiza glabra di-tri-tetrarch,
Ononis spinosa diarch,
Tormentilla erecta di-triarch,
Angelica officinalis diarch,
Levisticum officin. diarch,
Pimpinella magna triarch,
Gentiana lutea diarch,
Imperatoria Ostruthium diarch-triarch,
Polygala Senega diarch,
Althaea officinalis tetrarch-pentarch,
Aconitum Napellus tetra-penta-hexarch,

Helleborus viridis tetrarch,
Aristolochia Serpentaria tri-tetra-penta-hexarch.

Bei den Monocotylen stets polyarch, in zarten Wurzeln von:

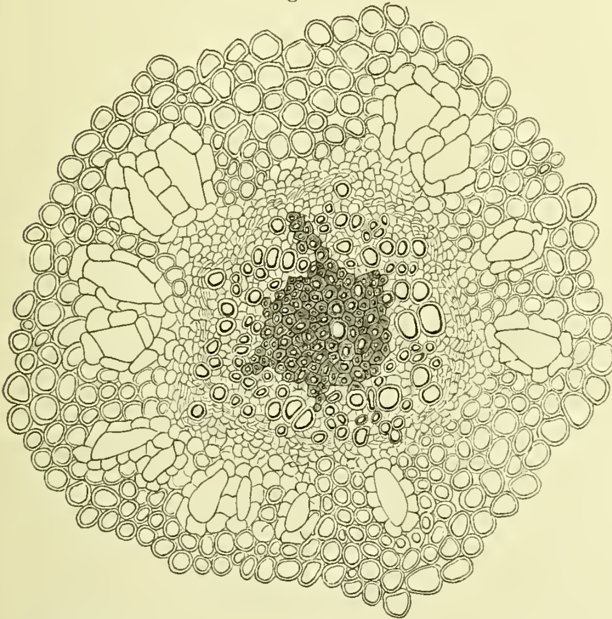
Orchis mascula	8—10	arch
Curcuma	16—18—22	„
Agropyrum repens	9	„
Acorus Calamus	4—10	„
Iris florentina	4— 8—10	„
Veratrum album	5— 9	„
Smilax sp.	12—18	„

(TSCHIRCH und HOLFERT.)

In älteren Wurzeln finden sich noch höhere Zahlen.

Ein parenchymatischer Markkörper, dadurch erzeugt, dass die Gefässplatten in der Mitte nicht zusammenstossen, und das Holzparenchym nachträglich reichliche Theilungen erfährt, findet sich bei *Glycyrrhiza glabra* (wodurch der Bau der Wurzeln dem der Ausläufer sehr ähnlich wird), *Tormentilla erecta, Aconitum Napellus, Helleborus viridis,* sowie den meisten Monocotylen *(Orchis, Curcuma, Acorus),* — ein axiler Strang mechanischer Elemente (Libriform), bei *Rad. serpentar., Rad. arnicae* (Fig. 430), *Mentha aquatica,* marklose Wurzeln mit centralem Holztheil sind *Rad. Ipecacuanhae, Senegae, Helenii, Taraxaci, Cichorii, Ononidis, Senegae, Angel., Levistic. Imperator., Althaeae.*

Fig. 430.



Querschnitt durch den mittleren Theil der *Arnica*-*Wurzel* mit dem centralen Libriformstrang und einem Kreise von Oelräumen. Das secundäre Dickenwachsthum hat begonnen, die Bündel sind collateral geworden (Tschirch).

Bastbelege finden sich in dem Siebtheile einiger *Papilionaceen*wurzeln *(Pisum, Phaseolus).*

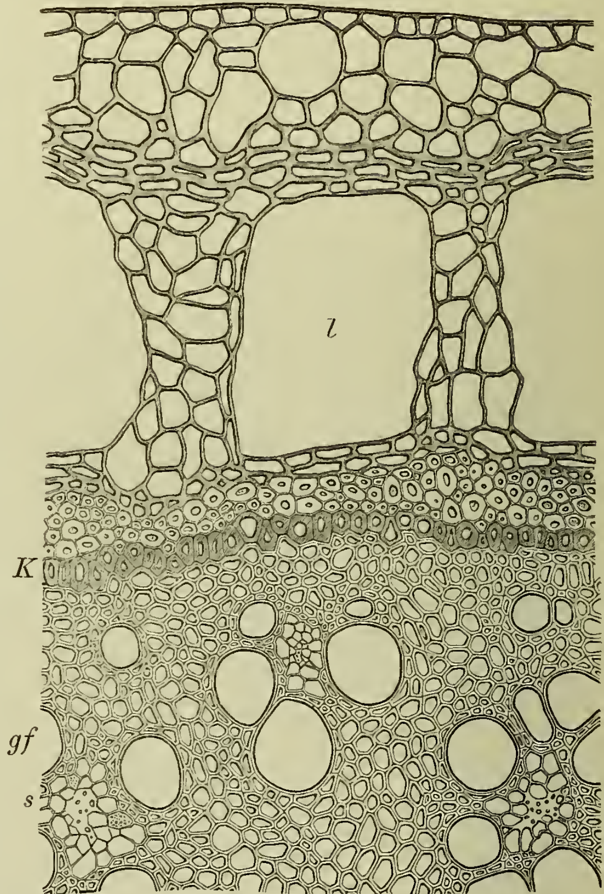
Wie schon oben erwähnt, wird durch Uebergang der an das tissu conjonctif grenzenden Zone in Cambium die ursprüngliche Structur des primären Wurzelbündels meist schon frühzeitig — oft unmittelbar nach der Anlage — verändert, selten bleibt sie bei *Dicotylen* dauernd erhalten, wie dies bei den *Monocotylen* und *Farnen* stets der Fall zu sein pflegt.

Bei *Arnica* ist die Wurzel bei Beginn des secundären Dickenwachsthums 0·5 Mm., bei *Inula* 0·15 Mm., bei *Taraxacum* 0·1 Mm., bei *Cichorium* 0·12 Mm., bei *Valeriana* 0·4 Mm., bei *Ononis* 0·2 Mm., bei *Tormentilla* 0·15 Mm., bei *Angelica* 0·3 Mm., bei *Levisticum* 0·25 Mm., bei *Pimpinella* 0·2 Mm., bei *Imperatoria* 0·1 Mm., bei *Althaea* 0·2 Mm., bei *Aconitum Napellus* 0·2, bei *Aristolochia Serpentaria* 0·8 Mm. dick (TSCHIRCH u. HOLFERT).

Während also auch die Bündel älterer Wurzeln von Pflanzen der *Monocotylen* und *Farne* stets (nur *Dracaena* macht eine Ausnahme) radial gebaut sind *(Orchis, Curcuma, Agropyrum, Calamus, Iris, Veratrum, Smilax)*, lassen ältere *Dicotylen*wurzeln nur in den seltensten Fällen noch einen radialen Bau am Bündel erkennen, ihre Bündel sind vielmehr in Folge des secundären Dickenzuwachses collateral gebaut. Mit dem secundären Dickenzuwachs steht es in Beziehung, dass bei den *Dicotylen* nur sehr selten eine dickwandige Endodermis, die ja dem Dickenwachsthum nicht folgen könnte, vorkommt.

Bei den *Gymnospermen* sind die Verhältnisse im Allgemeinen wie bei den *Dicotylen;* die ursprüngliche Structur wird hier stets durch sehr frühzeitig eintretendes Dickenwachsthum in dem Folgecambium verändert — der radiale Bau in den collateralen übergeführt. Auch im primären Wurzelbündel besteht der Gefässtheil hier nur aus Tracheïden. Bei den *Cupressineen* ist die Gefässplatte gewöhnlich diarch, bei den *Abietineen* herrschen höhere Ziffern vor.

Fig. 431.



Rhiz. Caricic. Querschnitt durch die Randpartie. *l* Luftlücken, *K* Endodermis (Kernscheide). *gf* Gefässe, *s* Siebtheil der concentrischen Gefässbündel (Tschirch).

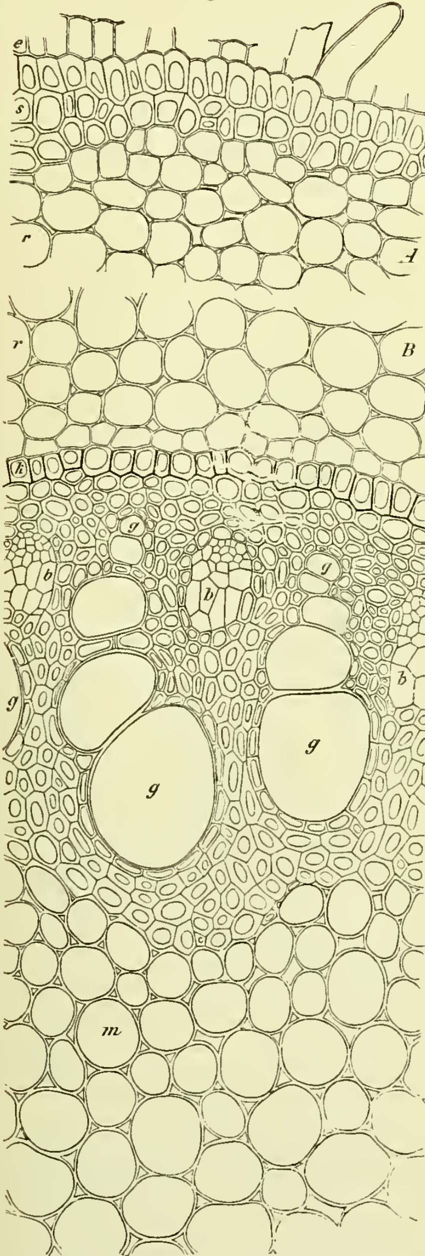
Bei den *Monocotylen* sind die Bündel mancher dünnen Hauptwurzeln wie die der *Dicotylen* gebaut *(Allium Cepa:* diarch), bei stärkeren Hauptwurzeln oder stammbürtigen Nebenwurzeln bleibt der radiale Bau erhalten *(Asparagus, Asphodelus, Palmen)*, nur werden die Bündel in dem Maasse, wie sie an Mächtigkeit zunehmen, polyarch. Beispiele für hochgradige Polyarchie (5—50) finden sich bei *Iris*, *Asparagus*, der *Sarsaparille.* Bei einer 0·2 Mm. dicken *Sarsaparillwurzel* zähle ich 5 Gefässplatten, respective Siebtheile, eine 0·8 Mm. dicke Wurzel besass 18, eine 3 Mm. dicke 30—40. Die zwischen die alten eingeschobenen Platten werden im Pericambium gebildet.

Die kleinsten Gefässe und Siebelemente liegen gegen die Peripherie hin (Fig. 432). Bei *Smilax* beträgt die Weite der äusseren Siebelemente 5—14 Mik., die der inneren 30—45 Mik., die der äusseren Gefässe 10—20 Mik., die der inneren 40—200 Mik. Die Zahl der Gefässe einer Platte beträgt meist 4 bis 6.

In kleineren Wurzeln *(Secale, Triticum* u. and.) stossen die Gefässreihen entweder in der Mitte des Stranges zusammen oder convergiren

gegen ein oder zwei in der Mitte liegende weite Gefässe. Bei stärkeren Wurzeln reichen die Gefässplatten nicht bis zur Mitte, es findet sich dort ein centrales Markparenchym oder eine Gruppe mechanischer Elemente, und der Gefässbündelcylinder bleibt schmal (s. oben S. 371).

Fig. 432.



Querschnitt durch die Peripherie der Sarsaparille-Wurzel. *r* primäre Rinde, *s* äussere Endodermis, *e* Epidermis mit Wurzelhaaren, *k* Endodermis, *g* Gefässplatten, *b* Siebbündel, *m* Mark (Luerssen).

Das Pericambium (van Tieghem's Percycle) ist ein- oder mehrschichtig. Bei den *Gramineen-* und *Carex*wurzeln ist es an den Gefässplatten unterbrochen.

Die zwischen den Bündeln liegende Gewebemasse, das bei *Monocotylen* niemals (wie bei *Dicotylen* und *Coniferen*) in Folgemeristem übergehende Verbindungsgewebe, sowie der axile Gewebscylinder bleibt entweder parenchymatisch *(Acorus calamus, Curcuma longa)* oder wird sclerenchymatisch *(Gramineen-* und *Cyperaceen*wurzeln*)* oder nur der zwischen den Bündeln liegende Theil, das Verbindungsgewebe (im weitesten Sinne), wird sclerenchymatisch und der centrale Theil bleibt parenchymatisch *(Sarsaparille* (Fig. 432), *Palmwurzeln)*.

Auch das Pericambium kann nachträglich sclerotisiren *(Sarsaparille*, Fig. 432, 434*)*. Sehr verbreitet sind verdickte und verstärkte Endodermen (S. 375).

Dem Pericambium der Wurzeln entspricht bei den Stengelorganen eine Zone, die van Tieghem ebenfalls Pericycle nennt.

Bei der Veracruz-*Sarsaparille*, bisweilen auch in der von Honduras finden sich isolirte Gefässe im Innern des centralen Parenchyms.[1]

Bei den Farnen weicht der Bau des axilen Stranges der Wurzeln nicht von dem oben beschriebenen typischen ab. Das primäre Bündel pflegt diarch zu sein (*Aspidium Filix mas*). Die Gefässplatte besteht aus Tracheïden, nur bei *Aspidum Filix femina* finden sich Gefässe.

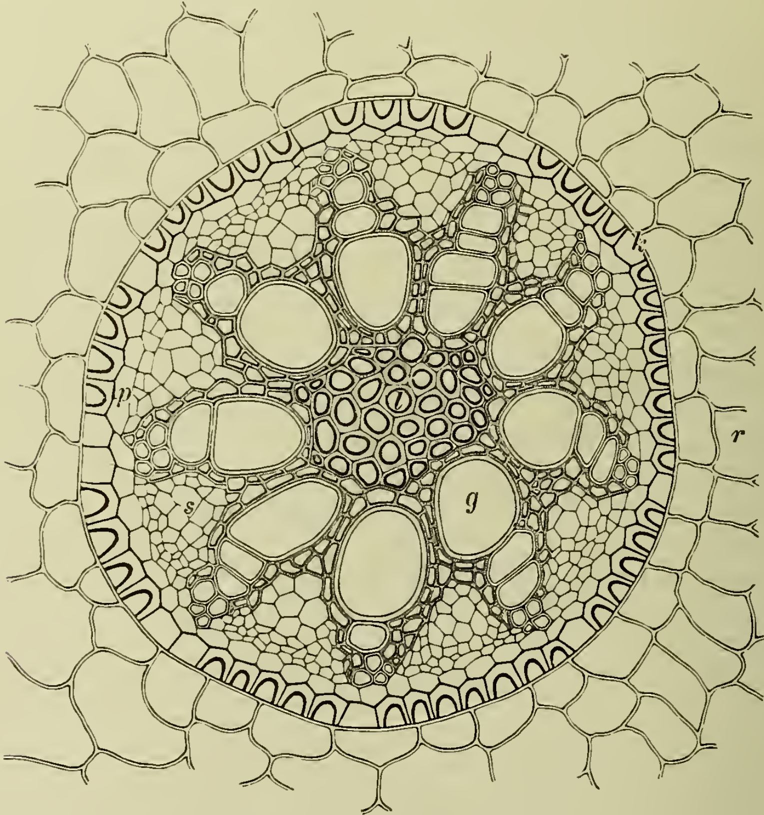
Die Gefässbündelendigungen.

Die Leitbündel enden in den Blättern blind und laufen für gewöhnlich in wenig gliedrige Tracheïdengruppen aus, die oft von den, die plastischen Stoffe leitenden Parenchymscheiden umgeben sind. Diese Gefäss-

[1]) Ueber weitere Details vergl. de Bary, Anatomie, S. 375.

bündelenden kann man sich in jedem Blatte, besonders schön bei denen der *Dicotylen*, an Flächenschnitten sichtbar machen. Die Tracheïden der Gefässbündelenden sind meist kurz, bisweilen sogar isodiametrisch und spiralig oder netzfaserig verdickt. Im Mesophyll der Blattfacetten endigen diese Tracheïden blind, an den Blattzähnen, Blattspitzen und Blatträndern laufen sie jedoch bei vielen Pflanzen auf ein kleinzelliges farbloses Gewebe, Epithem[1]) (DE BARY), zu, an dessen Ende ein oder mehrere, spaltöffnungsartig gebaute Wasserspalten liegen (bei den Blättern von *Aconitum*, *Papaver*, *Brassica* z. B. an den Blattzähnen), durch welche häufig Wasser in liquider Form ausgeschieden wird. Bisweilen ist das ausgeschiedene Wasser so calkreich, dass beim Verdunsten desselben eine Calkkruste zurückbleibt (Calkdrüsen [WALDNER, VOLKENS]).

Fig. 433.



Querschnitt durch das centrale polyarche Gefässbündel einer Wurzel von *Veratrum album* mit innen und an den Seiten verdickter Endodermis *(k)* (Tschirch).

Auch das Transfusionsgewebe (s. oben S. 338) und die Gefässbündelanastomosen sind zu den Gefässbündelendigungen im weitesten Sinne zu rechnen. Beide bestehen aus Tracheïden mit eigenartig — meist netzförmig — verdickter Wand.

Bei den Wurzeln bildet die Meristemgruppe des Vegetationspunktes das Gefässbündelende, dagegen bestehen die Saugfortsätze der Haustorien der phanerogamischen Schmarotzer *(Cuscuteen, Loranthaceen, Rhinanthaceen)* ebenfalls zum Theil aus Tracheïden.[2])

---

[1]) ἐπίθημα Deckel. Betr. der Einzelheiten vergl. DE BARY, Anatomie, S. 392.

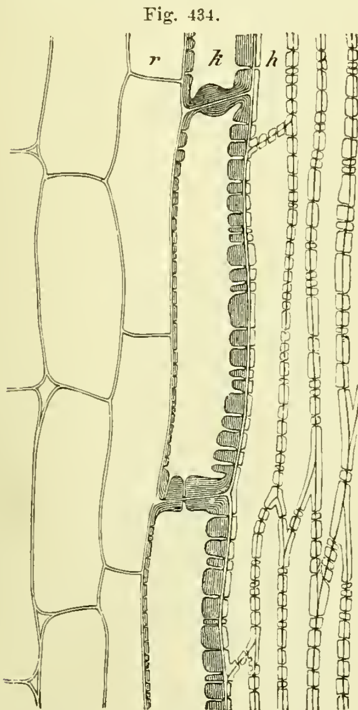
[2]) Die einschlägige Literatur s. bei DE BARY, S. 399 und KOCH, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1887.

Schutzscheide.

Die Schutzscheide CASPARY's (Endodermis [DE BARY, OUDEMANS], Kernscheide [SCHLEIDEN] [1]) gehört insofern zu dem Leitungsgewebe, als ihre Function darin beruht, „die Stoffleitung in bestimmte Bahnen einzuengen und einen vorzeitigen Austritt der geleiteten Stoffe aus den Gefässbündeln zu verhindern“. Da sie aber auch den Gefässbündeln mechanischen Schutz gewährt, so gehört sie auch zu dem mechanischen System. Dieser doppelten Function entsprechend, besitzt sie einmal eine relative Undurchlässigkeit für Wasser und die in ihm gelösten Stoffe und sodann eine relativ hohe mechanische Widerstandsfähigkeit.

Die Schutzscheide ist eine einfache Zellreihe, die der Regel nach Grundparenchym gegen Gefässbündelelemente abgrenzt. Bei den Wurzeln umgibt sie stets das axile Gefässbündel oder den Bündelcylinder (*Rad. sarsaparillae*, Fig. 432), *Rad. Veratri* (Fig. 433), (*Rad. Hellebori*, Fig. 267); bei Stengeln mit axilem Gefässstrang (*Potamogeton, Elodea*) desgleichen. Bei phanerogamischen Axenorganen mit stark entwickelten gefässbündelführenden Cylindern wird dieser vielfach durch eine Endodermis von dem umgebenden oft gleichfalls bündelführenden Parenchym abgegrenzt (*Rhiz. calami*, Fig. 435, *Zingiberaceen*-Rhizome [2]), *Rhiz. caricis*, Fig. 431). Bisweilen umscheidet sie aber auch nur einzelne Bündel (*Rhiz. filicis* und andere *Farne* sowie *Equiseten*).

Fig. 434.



Schutzscheide der *Rad. sarsaparillae* (*k*) in radialem Längsschnitt, *h* sclerotisirtes Pericambium, *r* Rindenparenchym (Luerssen).

Die Zellen der Schutzscheide sind meist vierseitig prismatisch, im Querschnitt oft tangential abgeplattet oder quadratisch (*Honduras-Sarsaparille*, Fig. 432), seltener radial gedehnt (*Veracruz-Sarsaparille*), mehr oder minder lang gestreckt mit horizontalen oder schrägen Endflächen (Fig. 434) Mit den Radialwänden stehen die Endodermiszellen in lückenlosem Verbande unter einander. Diese Radialwände erscheinen, wenn die Schutzscheidenzellen dünnwandig bleiben, bei Querschnitten in der Mitte mit einem dunklen Punkte versehen (CASPARY's „dunkler Punkt oder Fleck“), welcher davon herrührt, dass sich die Seitenwände bei Herstellung des Schnittes wellig verbiegen [3]), der also nicht ein anatomisches Merkmal der Scheide, sondern nur eine allerdings sehr charakteristische Eigenthümlichkeit des mikroskopischen Bildes ist (SCHWENDENER) (vergl. Fig. 426). Die Membranen der Schutzscheide-

---

[1]) OUDEMANS, Ueber den Sitz der Epidermis bei den Luftwurzeln. Abhandl. d. Akad. Amsterdam 1861. — CASPARY, PRINGSH. Jahrb. I u. IV. — SCHLEIDEN, Archiv d. Pharm. 1847. — SCHWENDENER, Die Schutzscheiden und ihre Verstärkungen. Abhandl. d. Berl. Akad. 1882.

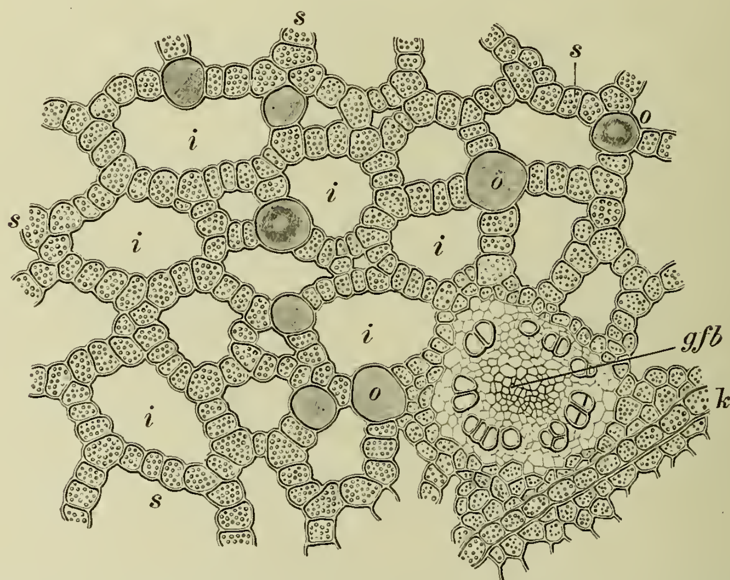
[2]) Vergl. BERG, Atlas. Taf. 19, 20.

[3]) Die Schutzscheidenzellen sind in der Pflanze elastisch gespannt. Lässt in Folge der Präparation der Turgor nach, so verkürzen sich die Cellulosemembranen der umliegenden Zellen mehr als die verkorkten der Schutzscheide und letztere müssen sich daher verbiegen.

zellen bleiben entweder zart oder verdicken sich später. Stets besitzen sie eine Suberinlamelle, sind also verkorkt, die zartwandigen in toto *(Farne, Dicotylen-*Wurzeln): und entweder ringsum oder nur an den Radialwänden, Die dickwandigen besitzen dagegen noch eine mehr oder weniger breite Celluloselamelle innerhalb der Korklamelle *(Monocotylen-*Wurzeln, *Agropyrum, Iris, Cyperaceen* und *Gramineen-*Rhizome: *Rhiz. caricis* und *graminis,* Fig. 436). Diese inneren secundären Verdickungsschichten sind entweder unverholzt oder verholzt oder cuticularisirt (partiell verkorkt) oder (sehr selten) knorpelig gelatinös. Die Verdickung ist selten ringsum gleich stark — O-Scheiden Russow's — *(Honduras-Sarsaparille)*, meist ist sie innen und an den Seiten stärker als an der Aussenwand — C-Scheiden — *(Vera-cruz-Sarsaparille, Cyperaceen-*Wurzeln und Rhizome, *Rhizoma graminis, Rad. veratri*, Fig. 433). Die unverdickten Schutzscheidezellen sind selten, die verdickten der Regel nach getüpfelt, und zwar — wie es bei mechanischen Elementen zu erwarten stand — mit schiefen spaltenförmigen Tüpfeln versehen.

Im Allgemeinen sind die Endodermiszellen inhaltsarm und z. B. in Wurzeln, die ganz mit Stärke voll gepfropft sind, oft gänzlich stärkeleer, andererseits findet man jedoch auch bisweilen in ihnen Stärke *(Carex arenaria, Rhiz calami,* Fig. 435) und andere Zellinhaltsbestandtheile.

Fig. 435.



Querschnitt durch einen Theil des *Calamus*rhizoms an der Endodermis *(k)*. *s* stärkeführendes Parenchym, *i* Intercellularräume, *o* Oelzellen, *gfb* Gefässbündel. Vergr. 110 (Tschirch).

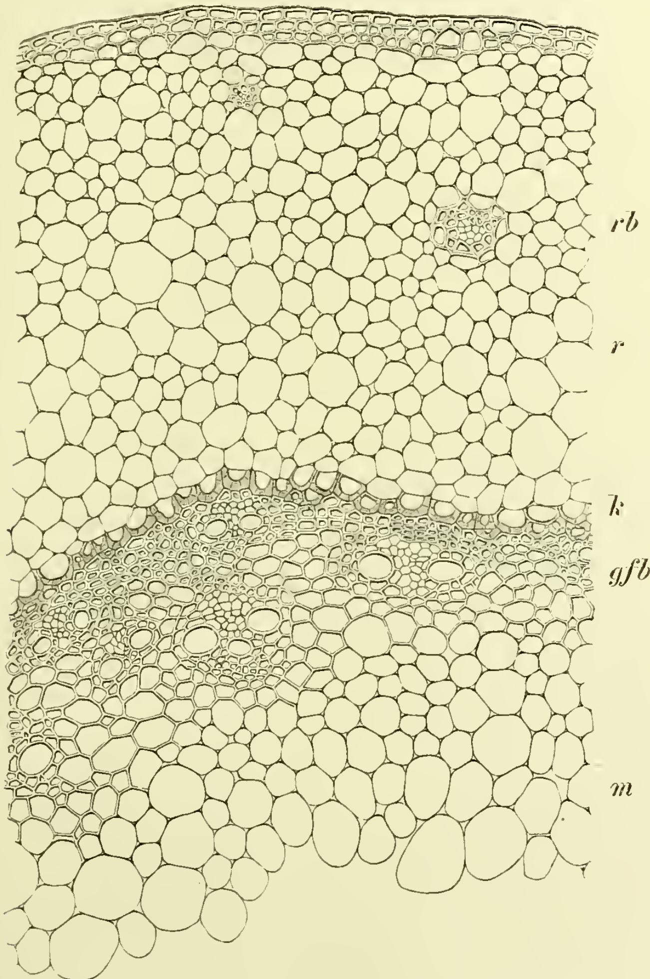
Eine sehr bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit der Schutzscheide ist die, dass sie sehr häufig durch gänzlich unverkorkte und dort, wo Verdickung eingetreten war, auch unverdickte Zellen unterbrochen wird. Diese meist an den Enden der Gefässplatten gelegenen „Durchgangs- oder Durchlasszellen" (Schwendener), die z. B. an zarten Wurzeln der *Sarsaparille* und an der *Rad. veratri* (Fig. 433) sehr schön zu beobachten sind, dienen dem Saftverkehr, der durch die verdickten Membranen hindurch gar nicht oder nur schwer stattfinden kann.

Die nur an den Radialwänden verkorkten Schutzscheiden besitzen ausschliesslich eine mechanische Bedeutung. Uebrigens werden, wie mich Beobachtungen an der *Sarsaparille* lehrten, diese Durchbrechungsstellen

bisweilen später geschlossen. Wenigstens zeigt eine mehrere Millimeter dicke *Rad. sarsaparillae,* wie sie die Hauptmasse der Droge bildet, niemals mehr derartige Durchbrechungen.

Nicht selten erhalten die Schutzscheiden „mechanische Verstärkungen", sei es durch sich verdickendes Parenchym an der Aussenseite der Endodermis (Rindenparenchym), so bei den *Farnen,* z. B. *Rhiz. polypodii, Rhiz filicis* [1]), wo die Innenwände sich meist stark verdicken und bei den Wurzeln von *Taxus* und *Cupressineen,* wo die Zellen Verdickungsleisten ausbilden (Φ-Scheiden Russow's), sei es durch Bastzellbelege über den Siebbündeln (*Laurineen*-Wurzeln), sei es durch Sclerose des Pericambiums (*Rad. sarsaparillae).*

Fig. 436.



Querschnitt durch ein Segment der *Rhiz. graminis. r* Rinde, *rb* Rindenbündel, *k* Endodermis (Schutzscheide), *gfb* Gefässbündel, *m* Mark (Tschirch).

Verstärkungen der Scheide, sowie Verdickung an den Schutzscheidezellen selbst, finden sich vornehmlich bei Pflanzen trockener Standorte und

---

[1]) Diese Schicht ist bei *Rhiz. filicis* und and. fälschlich als „Kernscheide" beschrieben worden.

Klimate oder bei Pflanzen mit bald feuchtem, bald trockenem Standort. Jedenfalls gehört die Scheide, soweit sie mechanische Function besitzt, zu den localmechanischen Einrichtungen.

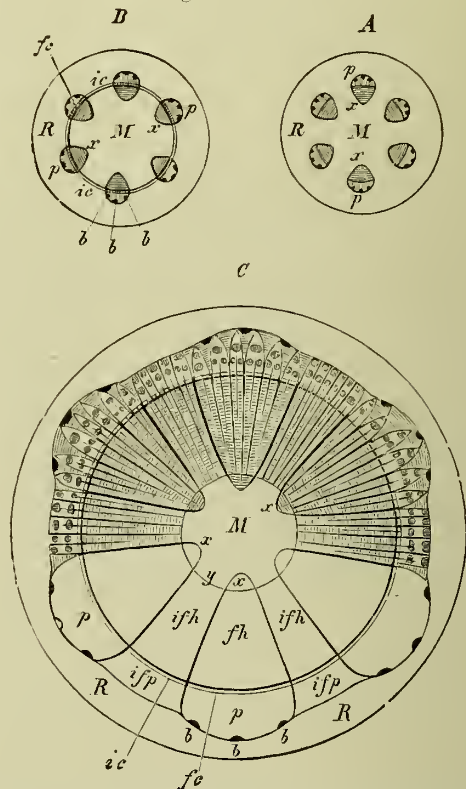
Die im Vorstehenden charakterisirte einreihige Endodermis hat man wohl auch als innere Endodermis von einer äusseren Endodermis unterschieden, die nicht selten an Wurzeln durch nachträgliche Sclerose der subepidermalen Rindenzellreihen entsteht und der Regel nach mehrreihig ist *(Rad. sarsaparillae*, Fig. 432 *s)*. Diese äussere Endodermis ist ausschliesslich eine mechanisch wirkende Schutzhülle. Bei der Wurzel von *Valeriana officinalis* ist die äussere Endodermis dünnwandig und verkorkt und führt ätherisches Oel.

Das secundäre Dickenwachsthum.

Da sich das secundäre Dickenwachsthum vornehmlich im Leitungssystem abspielt, soll dasselbe an dieser Stelle kurz behandelt werden.

Als primäres Dickenwachsthum (Erstarkung) bezeichnet man die in der Kegelform der Vegetationspunkte zum Ausdruck kommende Vergrösserung des Querschnittes an den Orten, wo Bildungsgewebe in Dauergewebe übergeht. An demselben betheiligen sich sämmtliche Elemente des Querschnittes. Dies Dickenwachsthum ist wenig ausgiebig. Es treten daher oft schon frühzeitig andere Processe hinzu, die den Querschnitt erheblicher vergrössern. — Man kann hier zwei Typen unterscheiden: den der *Monocotylen* und Gefäss-*Cryptogamen* und den der *Dicotylen* und *Gymnospermen*. Bei dem ersteren Typus spielt sich das Dickenwachsthum schon in der meristematischen Region (Vegetationsspitze) ab und ist auf diese beschränkt, bei dem zweiten vollzieht es sich erst in den bereits fertig gebildeten Organen. Der erstere Wachsthumsvorgang vergrössert den Umfang des Organes nur bis zu einer für die betreffende Pflanze charakteristischen, gleichbleibenden Dicke, der letztere vergrössert ihn in's Unbegrenzte. Daher finden wir z. B. bei den *Monocotylen* schlanke, dünne Stengel *(Palmen, Mais,*

Fig. 437 und 438.

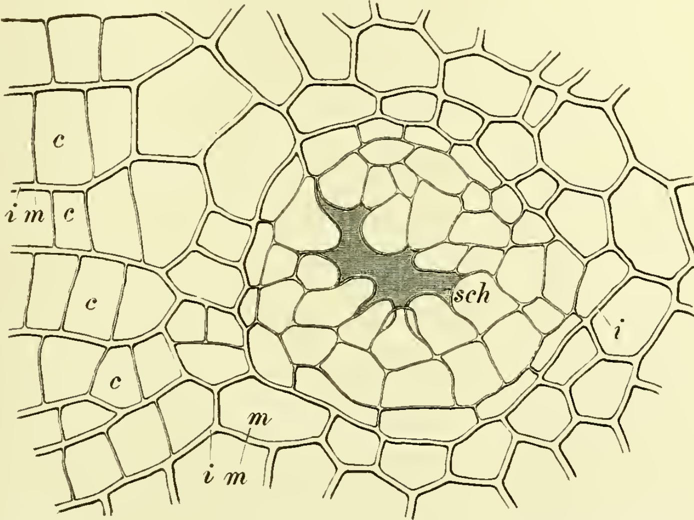


Schema für das secundäre Dickenwachsthum eines Dikotylenstammes. *A, B, C* successive Stadien, *R* primäre Rinde, *M* Mark, *p* Siebtheil, *x* primärer Holztheil, *fc* Fascicularcambium, *ic* Interfascicularcambium, *b* Bastzellgruppen, *ifh* Interfascicularholz, *ifp* Interfascicularer Siebtheil (Sachs).

Roggen, Weizen, Bambusa), bei den *Dicotylen-* und *Gymnospermen-*Holzpflanzen alljährlich sich verdickende Stämme, die oft einen sehr grossen Umfang erreichen *(Quercus, Pinus)*.

Bei einer monocotylischen Pflanze werden sämmtliche Gefässbündel der Regel nach schon im Vegetationspunkte angelegt. Beim *Mais* verläuft der Process wie folgt: „Wenn wir eine Keimpflanze dieses Grases betrachten, so finden wir, dass das mehr oder minder gestreckte erste Stamminternodium noch ganz dünn ist; sein Durchmesser beträgt höchstens 2 Mm. Mit dieser geringen Dicke wächst aber der Stamm nicht weiter. Er sistirt eine Zeit lang sein Längenwachsthum, oder besser gesagt,

Fig. 439.



Querschnitt aus der Rinde eines dicken *Laminariastipes*, Schizo-lysigener Schleimgang *(sch)*, *i* verschleimte Intercellularsubstanz, *m* dünne secundäre Membran, *c* „Cambium" (Tschirch).

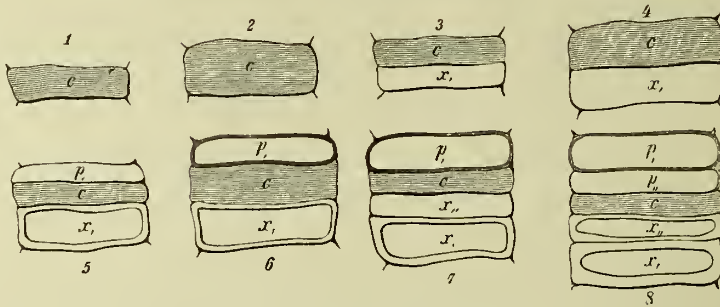
er beschränkt es auf ein Minimum und füllt diese Pause mit dem Dickenwachsthum seiner meristematischen Endzone aus. Das Stammende erstarkt zusehends, jedes der auf einander folgenden ganz kurzen Internodien erhält einen grösseren Querschnitt, und bevor wieder ausgiebiges Längenwachsthum eintritt, ist auf diese Weise ein hinlänglich erstarkter Unterbau hergestellt worden, der die Form eines mit seiner Spitze nach abwärts gekehrten Kegels besitzt. Die Grundfläche dieses Kegels, deren Durchmesser circa 1·5 Cm. und darüber beträgt, wird zur Basis des cylindrisch emporwachsenden Stammes, dessen Dicke nunmehr stationär geworden ist. In ganz ähnlicher Weise erfolgt das Dickenwachsthum des Anfangs fast knolligen *Palmen-*Stammes; erst wenn die Blattkrone den Höhepunkt ihrer Entfaltung erreicht hat, wächst der Stamm mit einer der Grösse der Blattkrone entsprechenden Dicke cylindrisch empor." [1])

Da der Monocotylenstamm also nur eine bestimmte und beschränkte Anzahl von Leitungselementen besitzt, die sich später nicht vermehren — Ausnahme s. hinten, — so kann auch seine Blattkrone sich nicht vergrössern, dieselbe bleibt immer nahezu gleich gross, was besonders bei den Palmen sehr charakteristisch hervortritt. Bei den Dicotylenbäumen geht jedoch mit der Vergrösserung der Blattkrone auch eine nachträgliche Vergrösserung

[1]) Haberlandt, Anatomie.

der Leitungsbahnen durch Neubildung leitender und mechanischer Elemente Hand in Hand.

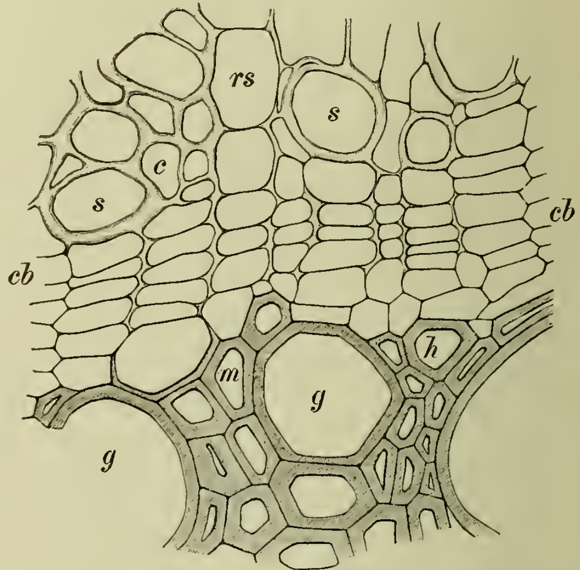
Fig. 440.



Cambium *(c)* in Theilung, 1—8 in successiven Stadien darstellend, *p* Siebtheil, *x* Holztheil (Tschirch).

Diese nachträgliche Vergrösserung des Querschnittes nennen wir nun, da sie sich in dem ausgebildeten Organe vollzieht, secundäres Dickenwachsthum. Dasselbe ist an eine meristematische, also dauernd theilungsfähig bleibende Zone, zwischen Holz- und Siebtheil geknüpft, die wir Cambium und weil sie ringförmig rings um den Holzkörper läuft, auch Cambiumring oder Verdickungsring (Fig 441 *cb*) nennen. Ein Cambium fehlt also den Monocotylenbündeln stets, bei den Dicotylen und Gymnospermen ist es jedem sich verdickenden Bündel eigen, findet sich also nicht nur bei den Stämmen, sondern auch bei den Bündeln der krautigen Stengel, Wurzeln, (Fig. 442) Blätter (Fig. 242) etc. Doch ist auch — ganz vereinzelt — anderwärts eine dem Cambium ähnlich sich theilende Zone beobachtet worden, so in den *Laminarienstipites* (Fig. 439), bei *Isoëten* und den fossilen Gefässcryptogamen.

Fig. 441.

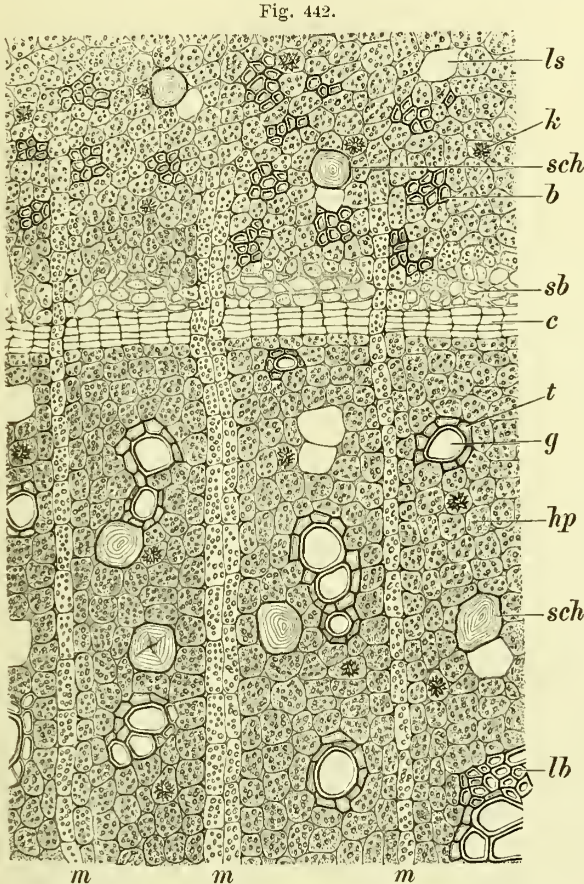


Cambiale Partie des Stengels von *Solanum Dulcamara*. Cambium, *s* Siebröhren mit Geleitzellen, *c* Cambiform, *rs* Rindenstrahl, *m* Markstrahl, *g* Gefäss, *h* Holzzelle (Tschirch).

Die Thätigkeit des Cambiumringes geht stets in der Weise vor sich, dass sich die Cambiumzellen, nachdem sie auf die doppelte Breite angewachsen sind, durch tangential gerichtete Wände theilen (Fig. 440). Durch diesen sich oft wiederholenden Theilungsvorgang wird also die Anzahl der Zellen des Querschnittes vermehrt, doch kommt diese Vermehrung nicht einseitig nur dem Holztheil oder nur dem Siebtheil zu Gute, sondern das Cambium scheidet bald zu diesem, bald zu jenem eine Zelle ab, so dass also beide,

freilich nicht in gleichen Proportionen, individuenreicher werden. Bei den Stammorganen wenigstens findet eine ungleich reichere Vermehrung des Holztheiles als des Siebtheiles statt; auf ein Siebelement kommen in der Regel etwa 4 Holzelemente. Daher kommt es denn, dass der Holzkörper der Stämme eine erhebliche Mächtigkeit besitzt, die Rinde aber meist nur schmal ist.

Fig. 442.



Querschnitt durch die am Cambium *(c)* liegende Partie der Wurzel von *Althaea officinalis*, *sch* Schleimzellen (*ls* leere Schleimzelle), *g* Gefässe, *lb* Libriform, *hp* Holzparenchym ebenso wie die Markstrahlen *(m)* und das Phloëmparenchym stärkeführend, *t* Tracheïden, *sb* Siebbündel, *b* Bastfasern, *k* Calkoxalatdruse (Tschirch).

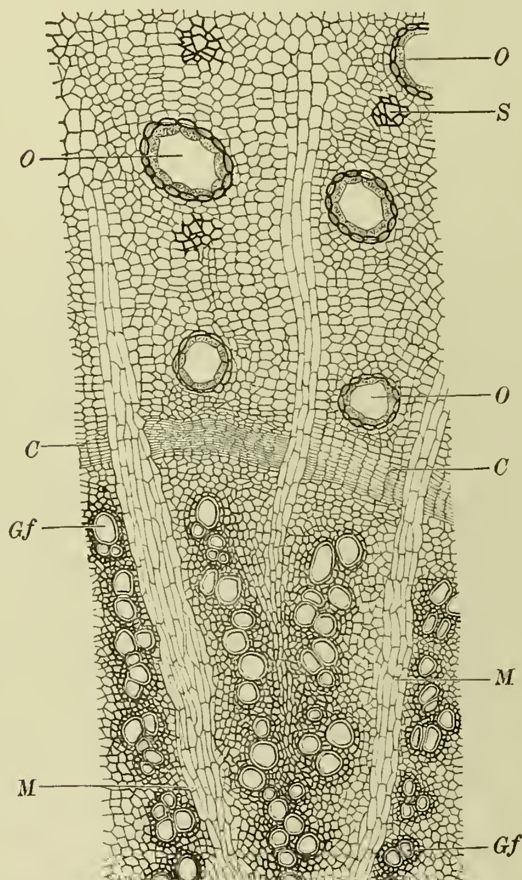
Bei einigen Wurzeln *(Rad. angelicae, Levistic., Rubii, Taraxacae)* findet das Umgekehrte statt, indem hier die Rinde stärker vermehrt wird als der Holzkörper.

Da das Cambium des Verdickungsringes in Stamm und Wurzel ein Reihencambium ist, die Theilungen also regelmässig tangential verlaufen, so gehen von jeder Initialzelle radiale Reihen, einerseits von Holz-, andererseits von Siebelementen aus, welche Radialreihen beim Holzkörper deutlich erhalten zu sein pflegen *(Lignum juniperi, Fernambuci, Quassiae, Pinus*-Holz, Fig. 387), in der Rinde jedoch durch Wachsthumsvorgänge nachträglich oft vielfach verschoben und nur selten auf weitere Strecken deutlich erhalten sind (junge *Rad. levistici* und *Angelicae*, Baumrinden). Die Theilung im Cambium (Fig. 440) verläuft meist so, dass die Cambiumzelle durch eine Tangentialwand in eine Initialzelle und eine Gewebemutterzelle (Sanio) getheilt wird. Letztere theilt sich gewöhnlich noch einmal und wird erst dann zur Dauerzelle. Die Initialzelle bleibt dauernd theilungsfähig; nur sie bildet also das eigentliche Cambium (Verdickungsring); durch diese nachträglichen Theilungen in den Gewebemutterzellen entstehen die vielreihigen Cambien, die die Regel bilden (Fig. 441—443).

Das Cambium der primären in einen lockeren Kreis gestellten und durch breite Markstrahlen von einander getrennten Gefässbündel eines jugendlichen Dicotylenstengels ist nichts anderes als die in meristematischem Zustande dauernd verbliebene centrale Partie des Procambiumstranges, aus dem sich das Bündel am Vegetationspunkte dadurch entwickelt hat, dass der äussere Theil zum Siebtheil, der innere zum Gefässtheil wurde. Im

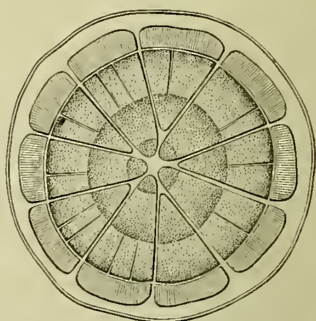
jungen Stengel gibt es also noch keinen Verdickungsring (Fig. 316 und 457), sondern jedes Bündel hat nur sein Cambium (Fascicularcambium), das als primäres Meristem aufzufassen ist (s. S. 236). Gewöhnlich treten nun aber schon frühzeitig in den Parenchymzellen der breiten, die primären Bündel trennenden Markstrahlen Theilungen ein, die entweder direct oder indirect zur Entstehung eines die Markstrahlen überbrückenden und die Bündel verbindenden Cambiumstreifens führen (Fig. 437 u. 438). Dies sogenannte

Fig. 443.



Querschnitt durch die cambiale Region der *Angelica*-Wurzel. *Gf* Gefässe, *M* Markstrahl, *C* Cambium, *O* Oelbehälter, *S* Siebelemente (Tschirch).

Fig. 444.

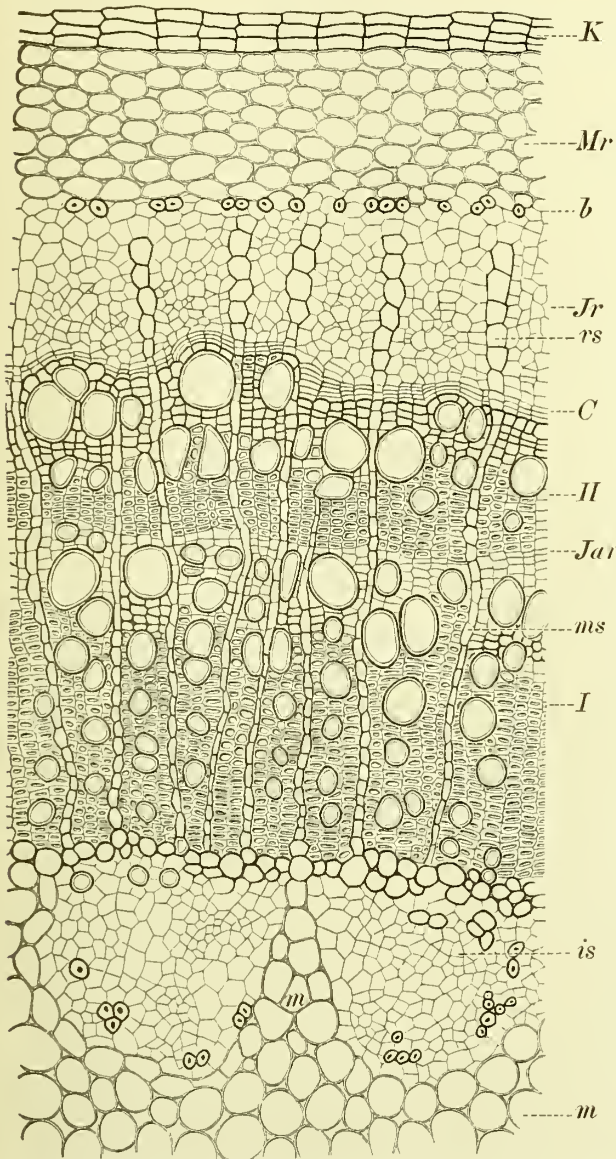


Schematischer Querschnitt eines Dicotyledonen-Stammes. Der aus 2 Jahresringen bestehende Holzkörper ist durch die Cambiumzone von der Rinde getrennt und durch die primären und secundären Markstrahlen in keilförmige Gruppen getheilt (Wiesner).

Zwischenbündelcambium oder Interfascicularcambium, welches wir also als ein Folgemeristem aufzufassen haben, setzt sich beiderseits an das Cambium der primären Bündel an und erzeugt durch seine Theilungen neue (secundäre) Bündel zwischen den alten, wodurch schliesslich der lockere Kreis der primären Bündel zu einem continuirlichen Bündelcylinder geschlossen wird (Fig. 438 und 444). In den jüngsten Internodien findet man stets noch die Bündel isolirt, in den mittleren Interfascicularcambium, in den unteren den Cylinder geschlossen. Bisweilen (*Rhiz. podophylli*) unterbleibt die Bildung von Interfascicularcambium. Die vom Interfascicularcambium gebildeten secundären Bündel ragen nicht so tief in das Mark hinein als die primären. Die letzteren machen sich daher sofort auf dem Querschnitte bemerkbar und man hat sie daher wegen ihrer Lage mit einem besonderen Namen belegt und sie Markscheide oder Markkrone genannt (Fig. 438). Ganz schliessen die Bündel übrigens auch im Bündelcylinder niemals aneinander. Sie werden vielmehr stets noch durch schmale, das Mark mit der Rinde verbindende Zellzüge getrennt. Diese Zellzüge nennen wir Markstrahlen.

Durch den primären Bündelkreis wird der Stengel in drei Abschnitte getheilt: innerhalb der Bündel liegt das centrale Mark und um den Gefässbündelcylinder legt sich die primäre Rinde, in der Mitte liegt der Bündelring. Beide, Mark und primäre Rinde, sind als solche primäre Gewebe, also direct aus Stammspitzenmeristemen hervorgegangen, ersteres aus dem Plerom, letzteres aus dem Periblem, beide können sich durch Theilungen ihrer Zellen vermehren. Dies geschieht besonders beim Mark frühzeitig, bei der primären Rinde meist erst dann, wenn das secundäre Dickenwachsthum im Cambium die primäre Rinde dehnt und dieselbe, um nicht zersprengt zu werden, durch Wachsthum und radiale Theilungen der Zellen ihren Umfang gleichfalls vermehren muss. In der That findet man bei lebhaftem Dickenwachsthum die Zellen der primären Rinde in lebhafter Theilung und auch die meist bei ihnen zu findende tangentiale Dehnung (Dilatation) ist eine Folge des Dickenwachsthums im Bündelring.

Fig. 445.



Querschnitt durch einen zweijährigen Zweig von *Solanum Dulcamara (Stipides Dulcamarae)*. *K* Kork. *Mr* Mittelrinde (primäre Rinde). *b* Bastzellen. *Jr* Innen- (secundäre) Rinde. *rs* Rindenstrahl. *C* Cambium. *Jar* Jahresring. (*I* erstes Jahr. *II* zweites Jahr.) *ms* Markstrahl. *is* Innerer Siebtheil. *m* Mark (Tschirch).

Die primäre Rinde ist die Mittelrinde, die die Mittelrinde bedeckende Epidermis, beziehentlich der Kork, die Aussenrinde der Pharmakognosten. Diese Ausdrücke sollen in diesem Buche der Kürze halber beibehalten werden. Beide sind von Anfang an rings um den Stengel laufende Gewebecylinder, gewissermassen in einander steckende Geweberohre. Eine continuirlich umlaufende Innenrinde entsteht natürlich erst, wenn das Cambium sich zu einem Ringe geschlossen und nach Aussen Siebelemente, nach Innen Holzelemente auch zwischen den primären Bündeln gebildet hat. Die durch die Thätigkeit des secundären Dickenwachsthums im Cambiumring nach aussen abgeschiedenen leitenden und mechanischen Elemente nennt man

die secundäre oder Innenrinde, die nach innen abgeschiedenen leitenden und mechanischen Elemente den Holzkörper. In einer Holzpflanze unterscheiden wir also das centrale Mark, den dasselbe rings umgebenden Holzcylinder, das diesen umgebende Cambium und das letzteres wieder umschliessende Rindenrohr. Unter Rinde schlechtweg versteht man also bei den Stammorganen der Dicotylen und Gymnospermen alle ausserhalb des Cambiums liegenden Gewebe und unterscheidet:

a) Die Aussenrinde (Epidermis, Kork).
b) Die Mittelrinde oder primäre Rinde.
c) Die Innenrinde oder secundäre Rinde.

In der secundären Rinde finden sich (wie im Holzkörper) radial verlaufende Zellzüge, die sich unmittelbar an die Markstrahlen des Holzkörpers (Holzmarkstrahlen, Markstrahlen im engeren Sinne) ansetzen. Man nennt dieselben Rindenstrahlen (Rindenmarkstrahlen[1]) und kann also die secundäre oder Innenrinde dahin definiren, dass es derjenige Theil der Rinde ist, der durch das nach Aussen gerichtete secundäre Dickenwachsthum im Verdickungsring gebildet ist und von Rindenstrahlen in radialer Richtung durchzogen wird. Die Innenrinde reicht also soweit wie die Rindenstrahlen reichen. Der Holzkörper dagegen ist derjenige Theil des Stammquerschnittes, der vom Verdickungsring nach Innen abgeschieden worden ist. Er reicht so weit wie die Markstrahlen reichen, also vom Cambium bis zum Mark. Durch die über das Cambium hinweg in die Rindenstrahlen sich fortsetzenden Markstrahlen ist also eine Verbindung zwischen Mark und primärer Rinde hergestellt.

Da die primäre Rinde bisweilen durch innere Peridermbildung abgeworfen wird (Ausläufer von *Glycyrrhiza glabra*), so kommt oftmals die Innenrinde ganz nach Aussen zu liegen und man kann eine Mittelrinde alsdann gar nicht mehr unterscheiden oder findet doch nur Reste derselben (Chinarinden älterer Stämme).

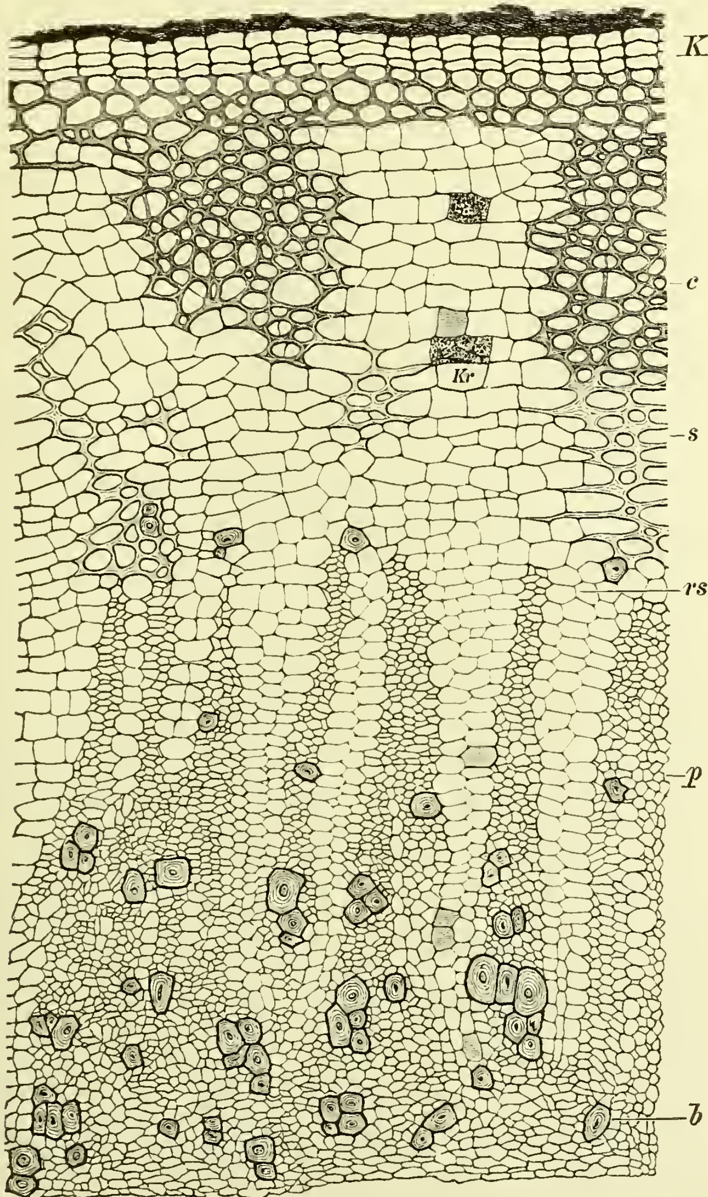
In den Wurzeln der Dicotylen und Gymnospermen wird das Cambium im axilen radialen Bündel selbst angelegt (Fig. 426). Die tangentialen Theilungen beginnen in den innersten Partien der mit den Gefässplatten alternirenden Siebbündel der radial gebauten Gefässbündel und „setzen sich von hier aus durch das Verbindungsgewebe (s. S. 368) bis zu den Aussenkanten der Gefässplatten fort; hier überbrücken sie die darüber befindlichen Pericambiumzellen und damit werden die einzelnen Meristemabschnitte zum Verdickungsringe geschlossen“. Durch diese eigenartige in Bogenlinien auftretende Cambiumbildung (Fig. 426, 427) kommen im weiteren Verlaufe der Siebtheil nach Aussen, der Gefässtheil nach Innen vom Cambium zu liegen, aus einem radialen ist ein collaterales Bündel und die Orientirung der Theile des Gefässbündels zum Cambium dieselbe wie im Stamme geworden. Demgemäss geht denn auch das weitere secundäre Dickenwachsthum bei den Wurzeln der *Dicotylen* genau in der gleichen Weise vor sich wie beim Stamme *(Rad. angelicae, Rad. althaeae)*. Anfangs verläuft das Cambium in einer geschlängelten Linie, in späteren Stadien streckt es sich jedoch gerade und wird oft ganz kreisförmig *(Rad. Helenii, Pyrethri, Taraxaci)*.

Man wird also auch bei den älteren Wurzeln der Dicotylen und Gymnospermen eine Rinde in der obigen Begriffsumgrenzung antreffen. Dieselbe lässt jedoch nur selten eine Mittel- und Innenrinde (im obigen Sinne) erkennen *(Rad. arnicae)*. Die primäre oder Mittelrinde wird hier vielmehr meist kurze Zeit nach dem Uebergange des radialen Bündels in ein collaterales abgeworfen und die ganze Rinde besteht daher nur aus

[1] Der Ausdruck „Baststrahlen“ ist zu streichen. Die zwischen den Rindenstrahlen liegenden Theile hat man wohl als Phloëmstrahlen, Siebstrahlen, die zwischen den Markstrahlen liegenden Theile des Holzkörpers als Holzstrahlen bezeichnet.

der vom Kork (Aussenrinde) bedeckten Innen- oder secundären Rinde. Letztere ist auch hier meist *(Rad. althaeae, Angelicae,* Fig. 443), aber nicht immer (bei *Rad. taraxaci* z. B. nicht) von Rindenstrahlen durchzogen. Auch

Fig. 446.



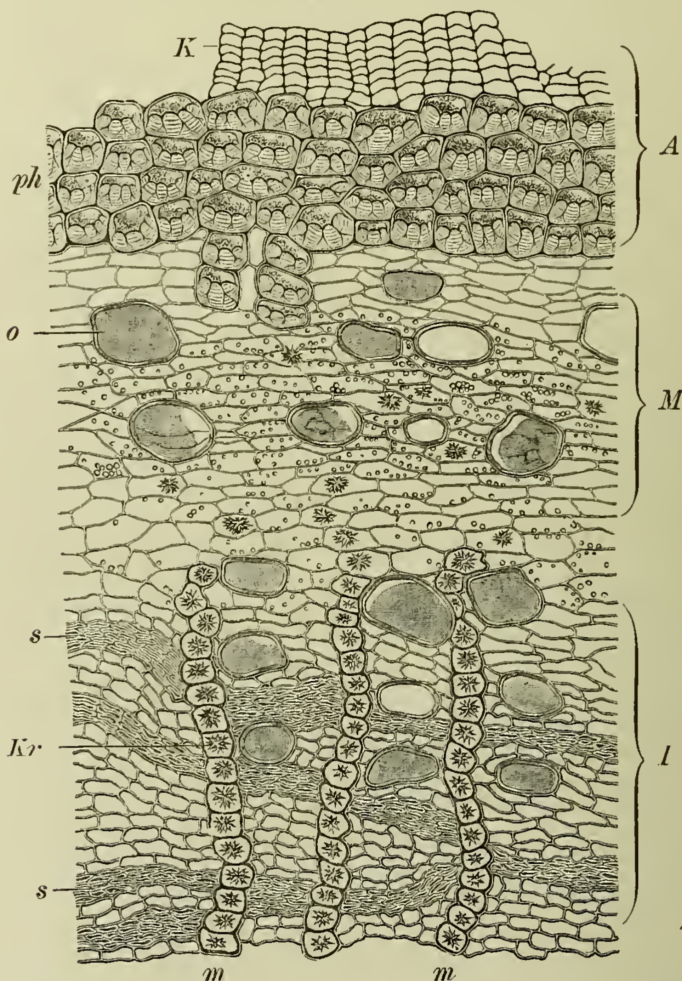
Querschnitt durch eine *Loxa-China-Rinde.* *K* Kork, *c* Collenchym, *Kr* Kristallzellen, *s* obliterirtes Rindenprotophloëm, *rs* Rindenstrahlen, nach Aussen dilatirt, *p* Phloëmstrahlen (Siebstrahlen). *b* Bastzellen (Tschirch).

im centralen Holzkörper der Wurzeln finden sich meist Markstrahlen, die mehr oder weniger tief in den Holzkörper eindringen *(Rad. artemisiae, Angelicae, Gentianae),* doch können dieselben ebenfalls fehlen *(Rad. taraxaci, Rad. ipecacuanh.,* Fig. 390).

Die Cambiumzellen besitzen die Gestalt rechteckiger Prismen, im Querschnitt sind sie tangential gestreckt, die Enden keilförmig oder dachig zugespitzt. Ihre Wand ist dünn und nur zur Zeit der Vegetationsruhe schwach verdickt und getüpfelt, ihr Inhalt besteht aus Plasma, ein Zellkern ist stets deutlich.

Beim Reihencambium beobachtet man nicht selten eine Verdickung der Radialwände (*Stipites Dulcamarae*, Fig. 441).

Fig. 447.



Querschnitt durch die Rinde von *Canella alba*. *A* Aussenrinde, *M* Mittelrinde, *I* Innenrinde; *K* Kork, *ph* Phelloderma, *o* verkorkte Oelzellen, *m* Rindenstrahl mit Kristalldrusen, *s* obliterirte Siebelemente (Tschirch).

Die Rinde.[1]

a) Die Aussenrinde.

Als Aussenrinde[2]) bezeichnen wir die Epidermis oder den an ihrer Stelle gebildeten Kork, der die Stamm- und Wurzelorgane bedeckt.

[1]) Ueber den anatomischen Bau sehr zahlreicher Rinden verdanken wir J. Möller (Die Baumrinden, Berlin 1882) Aufschlüsse.

[2]) Die Aussenrinde de Bary's umfasst meine Aussen- und Mittelrinde.

Letzterer kann entweder ein Oberflächenperiderm der primären Rinde oder ein Binnenkork sein. In letzterem Falle ist er entweder Borke (S. 281) oder wie z. B. bei zahlreichen Wurzeln *(Glycyrrhiza* [Fig. 448], *Angelica, Althaea)*, ein aus dem Pericambium hervorgegangener Korkring, Pericambialkork (S. 282). Jedenfalls ist bei Wurzeln die morphologische Bedeutung des sie umgebenden Korkmantels in jedem einzelnen Falle entwicklungsgeschichtlich festzustellen. Bei *Angelica*, *Glycyrrhiza*, *Taraxacum* ist der Kork der älteren Wurzeln Pericambialkork, die Wurzeln der *Serpentaria* und *Valeriana* dagegen sind mit einem epiblematischen Oberflächenperiderm bedeckt.

Ueberhaupt kann als Regel gelten, dass alle unten (S. 388) aufgeführten Pflanzen mit bleibender primärer Rinde von Oberflächenperiderm, alle Wurzeln, die ihre Rinde abwerfen, von Pericambialkork bedeckt sind.

Für die Rinden der Stengel und Stämme gilt das Gleiche. Auch hier ist über die morphologische Bedeutung des die ältere Rinde bedeckenden Korkes nur durch die Entwicklungsgeschichte Aufschluss zu erhalten.

Bei *Cort. chin. calisayae* (Fig. 453) ist der Peridermmantel Borke, bei *Cort. Frangulae* Oberflächenperiderm und bei den Ausläufern der *Glycyrrhiza glabra* ist er aus einer den primären Gefässbündelkreis umgebenden Zellreihe (Pericycle van Tieghem's?) hervorgegangen (Fig. 420). Er kann also auf sehr verschiedene Weise entstehen.

Die Bezeichnung Aussenrinde in dieser Umgrenzung ist eigentlich überflüssig. Immerhin mag sie beibehalten werden, da sie nun einmal in die pharmakognostische Literatur eingeführt ist und mit einem Namen Kork, Epidermis und Epiblem umfasst, was für die topographische Orientirung über die Gewebe der Drogenrinden und Wurzeln nicht ohne Werth ist.

b) Die primäre oder Mittelrinde.

Die Mittel- oder primäre Rinde [1]) ist der Theil der Rinde, der aus dem Periblem der Vegetationspunkte des Stengels und der Wurzel hervorgegangen ist.

Bei den Stengelorganen bleibt die primäre Rinde meist erhalten, ja sie wird sogar durch Phellodermbildung seitens des Phellogens nicht selten noch vermehrt.

Aus den Meristemzellen der primären Rinde gehen mannigfache Elemente hervor, die Mehrzahl bleibt parenchymatisch (Rindenparenchym), andere, und zwar meist bestimmte Gruppen oder Streifen gehen in Collenchym über, andere weichen auseinander und bilden schizogene Secretbehälter *(Myroxylon, Coniferen, Copaifera)*.

Da sich die parenchymatischen Elemente der primären Rinde meist frühzeitig mit Chlorophyllkörnern erfüllen, nennt man diesen Theil der Rinde auch grüne Rinde.

Im späteren Alter erleidet sie mannigfache Veränderungen.

Häufig treten in ihren Zellen Kristalle auf, das Chlorophyll verschwindet, Gerbstoffe treten an seine Stelle, einzelne Parenchymzellen sclerotisiren und werden zu Steinzellen (*Cinchona*). Secretbehälter, die Anfangs functionirten, obliteriren *(Cort. chinae* nach Vogl) [2]) u. and. m. Dem secundären Dickenwachsthum folgt die primäre Rinde durch Tangentialstreckung und Radialtheilung ihrer Zellen (s. oben S. 383 und Fig. 446, 447) — daher zeigen die letzteren in älteren Rinden meist ausgesprochene tangentiale Dehnung und die Zellen nehmen in centrifugaler Richtung an

[1]) Die Aussenrinde de Bary's umfasst meine Aussen- und Mittelrinde.

[2]) Die Chinarinden des Wiener Grosshandels, S. 12.

Breite zu (Dilatation de Bary's) — ja es kann sogar zum Auseinanderweichen und Zerreissen von Zellzügen kommen. Daher findet man in der Mittelrinde oft grosse Intercellularlücken, die meist tangential gestreckte Rindenlamellen von einander trennen. Das Collenchym folgt der Regel nach ebenfalls der Dilatation (Fig. 446).

Am tiefsten wird jedoch die Mittelrinde durch Borkenbildung (S. 281) afficirt. Letztere kann, wenn sie ausgiebig ist, die Mittelrinde vollständig aus dem Saftverkehr ausschalten. Sie wird alsdann in Form von Borkeschuppen abgeworfen *(Calisayachina)*.

Dem Monocotylenstengel fehlt eine Mittelrinde.

Die Wurzeln sowohl der Dicotylen wie der Monocotylen besitzen jedoch in der Jugend stets eine solche. Bei den, des Dickenwachsthums entbehrenden, Monocotylenwurzeln bleibt dieselbe zeitlebens erhalten (Wurzel von *Veratrum*, *Sarsaparilla*, *Iris*). Sie reicht hier (z. B. bei *Rad. sarsaparillae*, Fig. 432), von der Epidermis (dem Epiblema, S. 267) bis zu der Endodermis und besteht stets aus rundlich parenchymatischen, nur selten verdickten Zellen (Leitparenchym).

Bei den Dicotylenwurzeln wird die primäre Rinde der Regel nach schon sehr frühzeitig abgeworfen. Meistens schon kurz nachdem das secundäre Dickenwachsthum in dem Centralbündel begonnen hat (s. oben S. 371) und das radiale in ein collaterales Bündel übergegangen ist, entsteht Kork im Pericambium und die primäre Rinde wird durch dieses innere Periderm abgeworfen. Den meisten Dicotylenwurzeln fehlt also eine primäre Rinde ganz, resp. hängt jüngeren Wurzeln in Form von Schuppen aussen an *(Glycyrrhiza* [Fig. 448], *Althaea)*. Erhalten bleibt sie namentlich bei den Compositenwurzeln *(Arnica*, *Inula*, *Taraxacum*, *Cichorium)*, ihre Zellen sind hier meist relativ dickwandig.

In einigen Fällen wird die abgeworfene Mittelrinde durch Phellodermbildung seitens des Phellogens des pericambialen Korkes ergänzt, die Ergänzung ist aber niemals sehr erheblich und die Neubildung fällt, als secundärer Zuwachs, eigentlich unter den Begriff der secundären Rinde (im weitesten Sinne).

Bei den Monocotylenrhizomen mit Endodermis (Kernscheide) *(Rhiz. calami, iridis, veratri, galangae, zingiberis)* hat man dem Querschnittsbilde Rechnung tragend, den ausserhalb der Endodermis liegenden peripherischen Theil ebenfalls als „Rinde" bezeichnet.

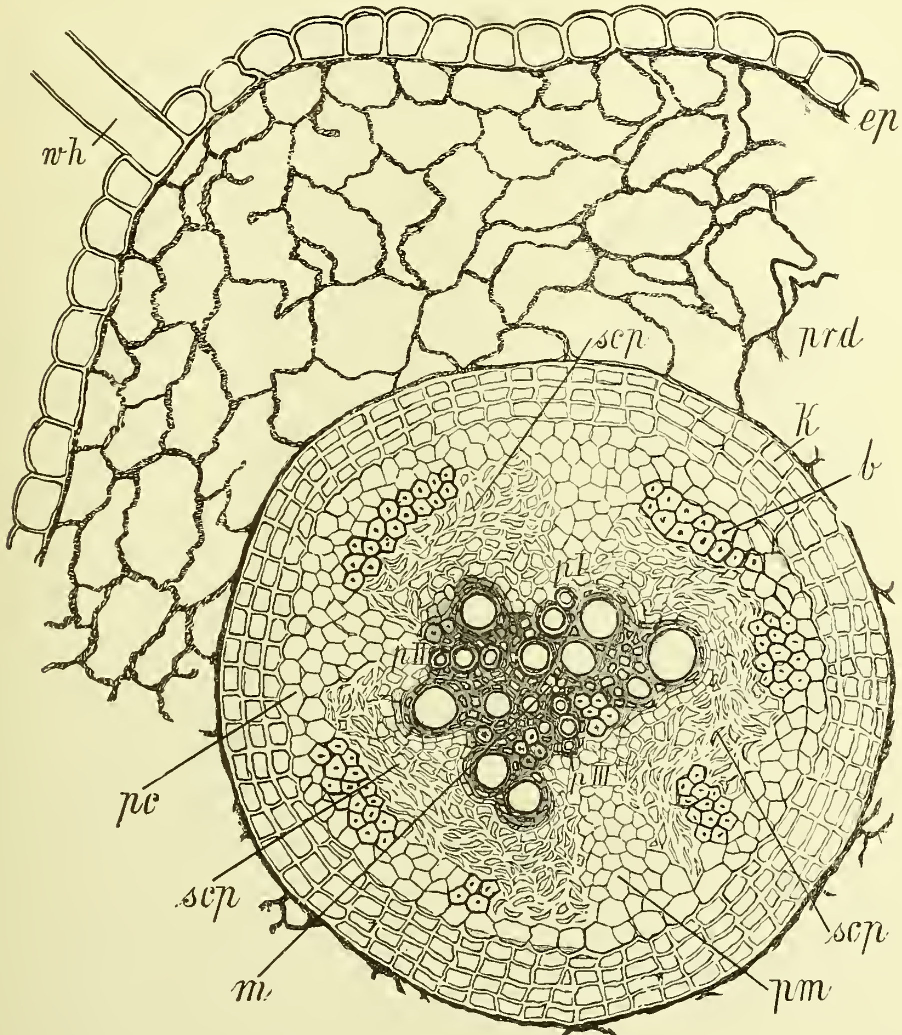
Bei den Dicotylenstammorganen (nicht bei den Wurzeln) fällt noch ein Theil der Rinde, wenigstens topographisch, unter den Begriff der Mittelrinde, nämlich die Siebtheile der primären Bündel mit ihren Bastbelegen. Da dieselben jedoch nicht aus dem Periblem hervorgegangen sind, so kann man sie auch nicht in den Begriff der primären Rinde mitinbegreifen und müsste also entweder den Begriff Mittelrinde nur topographisch fassen und von dem entwicklungsgeschichtlich begründeten der primären Rinde trennen, oder aber man muss den primären Siebbündeln, die nicht durch secundäres Dickenwachsthum gebildet und auch nicht aus dem Periblem hervorgegangen sind, eine gesonderte Stellung zwischen der Mittelrinde und der secundären Rinde einräumen.

Da ich oben den Begriff Mittelrinde und primäre Rinde als synonym bezeichnet habe, so soll daran festgehalten und aus rein praktischen Gründen die primären Siebbündel mit ihren Bastbelegen (*b* und *cb* in Fig. 420) unter dem Namen Rindenprotophloëm von der Mittelrinde abgetrennt werden, da unter dem Nägeli'schen Begriff Phloëm ja auch die Bastfasern fallen.

Das Rindenprotophloëm besteht hauptsächlich aus dem Siebtheil der primären Bündel (primärer Siebtheil [Fig, 460, *sb*]). In den meisten

Fällen umgibt denselben ein mehr oder weniger breiter und geschlossener Bastzellenring, die sogenannten primären Bastzellgruppen. Die primären Siebgruppen obliteriren in der Mehrzahl der Fälle (Fig. 420 *cb*, 446 *s*) in Folge des von Innen her auf sie wirkenden Druckes der sich verdickenden secundären Rinde oft so stark, dass man sie im späteren Alter kaum wieder findet. Der Bastzellring schliesst sich, wenn er, wie dies gewöhnlich der Fall ist, von

Fig. 448.



Querschnitt durch eine junge Wurzel von *Glycyrrhiza glabra* mit triarchem Bündel, im Begriff die primäre Rinde abzuwerfen. *ep* Epidermis, *wh* Wurzelhaar, *prd* primäre Rinde, *k* per cambialer Kork, *b* Bastzellgruppen, *scp* aussen obliterirter, innen leitender Siebtheil, *pc* Pericambium, *p I*, *II*, *III* primäre Gefässplatten, *pm* primäre Markstrahlen, *m* Anlage des Markes (Tschirch und Holfert).

isolirten Bastzellgruppen gebildet wurde, durch nachträgliche Sclerose des diese trennenden Rindenparenchyms, die Rindenparenchymzellen werden zu (die Bastzellgruppen verbindenden) Brachysclereïden und es entsteht ein gemischter Sclerenchymring oder (wie ich ihn kurz nenne) gemischter Ring (Rinde von *Quercus*, *Juglans*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Laurus*, *Cinnamomum* [Fig. 454], *Fagus*, *Guajacum*, *Quassia*, *Copaifera*). Letzterer

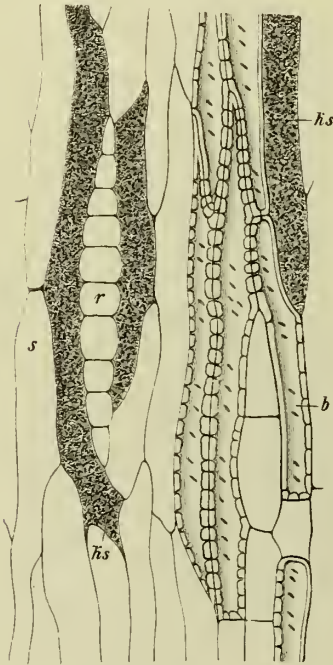
wird, da er der Dilatation der Mittelrinde, einer Folge des Dickenwachsthums, nicht folgen kann, zerrissen, es schieben sich in die Lücken Rindenparenchymzellen, die wiederum sclerotisiren, und so fort, bis endlich in alten Rinden ein gemischter Ring entstanden ist, der aus nur wenigen Bastzellen und sehr zahlreichen Sclereïden (Steinzellen) gebildet wird.

Die primären Bastzellen sind oftmals breiter als die secundären der Innenrinde.

c) Die secundäre oder Innenrinde.

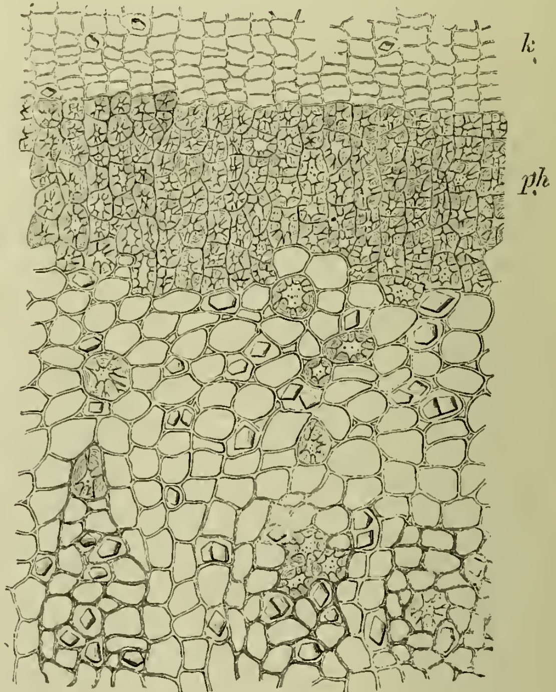
Unter secundärer oder Innenrinde[1]) verstehen wir, gemäss der obigen Umgrenzung, den vom Verdickungsringe (Cambium) nach Aussen

Fig. 449.



Längsschnitt aus der secundären Rinde der Wurzel von *Solanum paniculatum (Jurubeba)*. *ks* Oxalatschläuche mit Kristallsand, *r* Rindenstrahl, *b* Bastfasern, *s* Siebröhre (Tschirch).

Fig. 450.



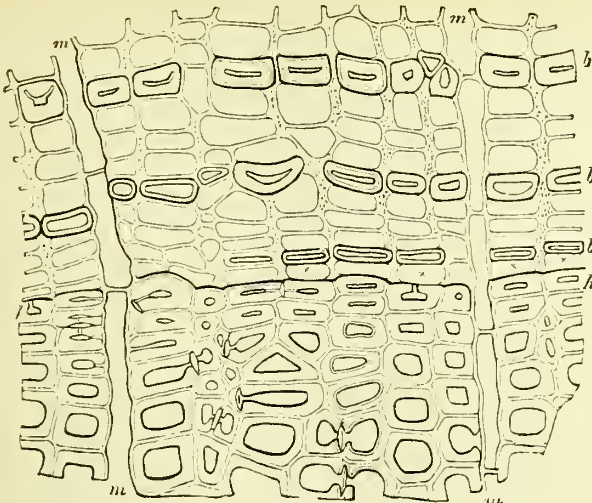
Querschnitt durch den äusseren Theil einer *Strychnos*-Rinde. Vergr. 160. *k* Kork, *ph* Phelloderm, *m* Rindenstrahl (Möller).

nachträglich (also secundär) abgeschiedenen Theil der Rinde. Die secundäre Rinde liegt also zwischen Cambium und primärer Rinde und wird von den Rindenstrahlen durchzogen. Sie enthält zunächst die Elemente des secundären Siebtheils — Siebröhren, Cambiform und Geleitzellen — ferner Leitparenchym, die Siebbündel durchsetzend (Phloëmparenchym) und Leitparenchym in Gestalt radial verlaufender Rindenstrahlen, endlich mechanische Elemente.

Eine secundäre Rinde finden wir bei Stengel- und Wurzelorganen der Dicotylen und Gymnospermen ganz regelmässig, bei den Wurzeln

[1]) Diesen Theil nannte man früher „Bast" (Bastzone, Bastkörper, liber), welchen Ausdruck wir jetzt für die Bastzellen (S. 287) reserviren. Die Ausdrücke Weichbast (Nägeli), die nicht mechanischen Theile der secundären Rinde (Siebröhren, Cambiform) bezeichnend, und Bastparenchym (identisch mit unserem Phloëmparenchym) sind zu streichen.

Fig. 451.

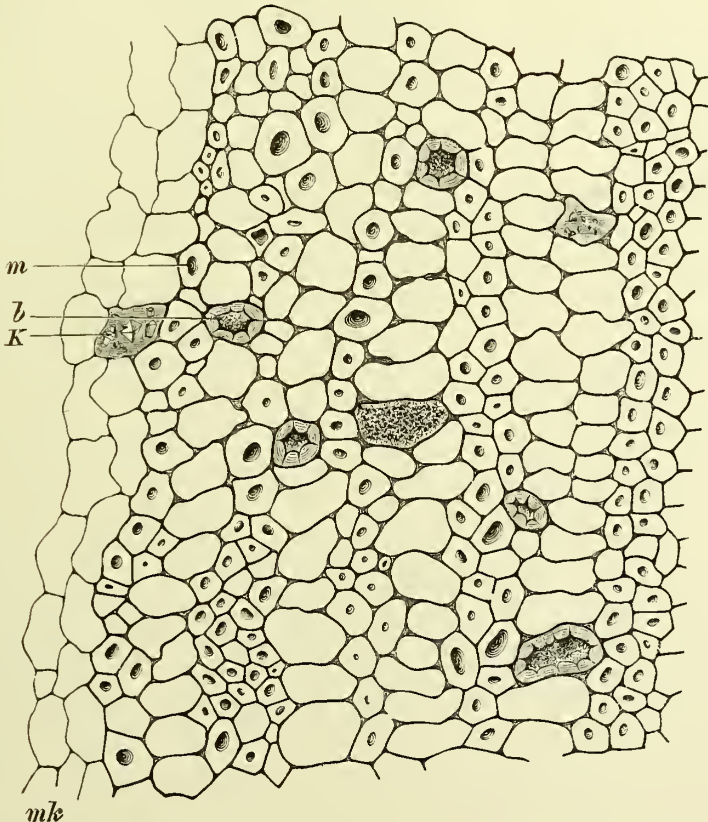


Querschnitt durch die cambiale Partie eines Stämmchen von *Juniperus communis*. X Cambium, *b* tangentiale Bastzellreihen, *m* Mark- und Rindenstrahlen, *h* Holzkörper, nur aus Tracheïden bestehend (de Bary).

von dem Momente an, wo das radiale Bündel collateral geworden ist.

Die Rindenstrahlen (Fig. 449. 451) gleichen im Bau den Markstrahlen (S. 402), doch kann man natürlich nicht secundäre und primäre unterscheiden. Alle Rindenstrahlen sind secundäre und zeigen, was besonders auf tangentialen (Fig. 449) und radialen (Fig 325) Längsschnitten klar hervortritt, ganz das anatomische Bild secundärer Markstrahlen.[1] Im Querschnittsbilde treten sie wegen der Aehnlichkeit der benachbarten Elemente nicht so scharf

Fig. 452.



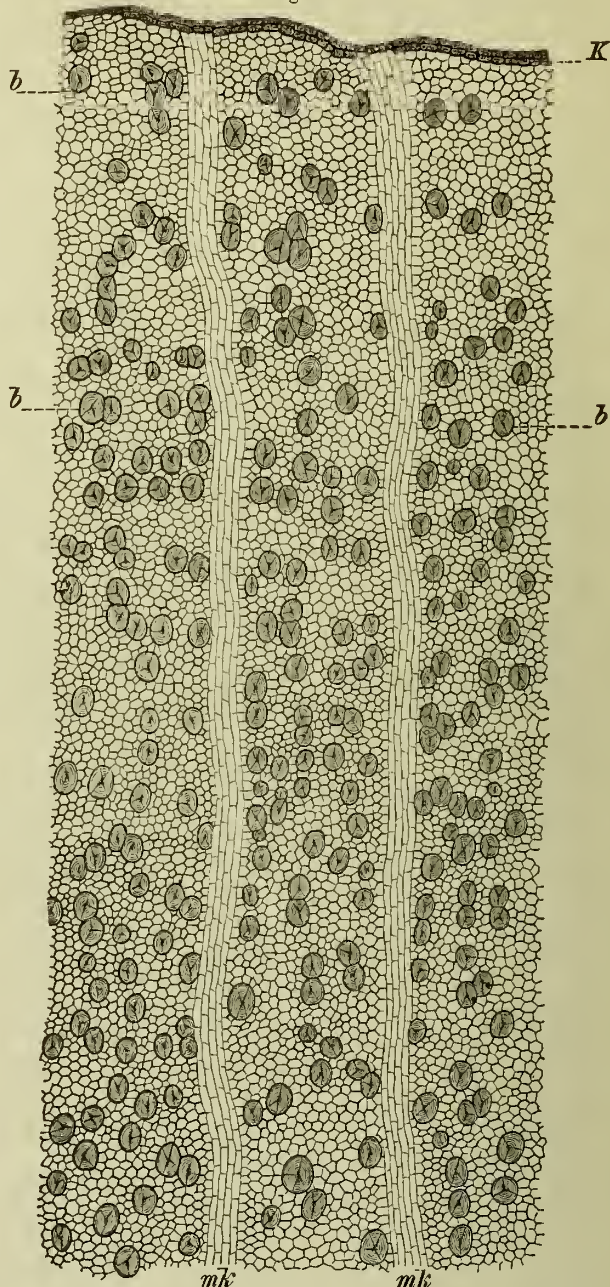
Querschnitt durch den mittleren Theil der Innenrinde der *China cuprea*. *mk* Rindenstrahl, *b* Brachysclereïden, *m* Makrosclereïden, *K* Kristallzellen. Vergr. 260 (Tschirch).

[1]) Berg, Atlas. Taf. 36 *E*, Taf. 37 *E*, *F*, Taf. 38 *D*.

hervor wie jene, doch sind sie z. B. bei *Rad. levisticae, angelicae* (Fig. 241), *Cort. querc.*, *Cinnamomi* (Fig. 454 *m*), *Cort. Chinae* (Fig. 446 u. 453), *China Cuprea* (Fig. 452), *Cort. Canellae* (Fig. 447) u. and. sehr deutlich und auf den ersten Blick zu erkennen.

In dem Leitparenchym findet man besonders im Winter meist reichlich Stärke. Die Elemente des Siebtheils zeigen den typischen Bau. Die Querwände der Siebröhren sind meist schräg gestellt und mit mehreren über einander stehenden Siebplatten versehen. Bisweilen treten die Siebelemente ganz in den Hintergrund *(Cort. chin.)*. Das Leitparenchym steht unter sich in Communication. Die Bastzellen zeigen typischen Bau. Sie sind entweder regellos in der Rinde verstreut *(Cort. chinae* [Fig. 446 u. 453], *Cort. cinnamomi* [Fig. 454]) oder zu Gruppen vereinigt, oder endlich zu tangentialen Schichten oder Platten verbunden *(Cort. simarubae, Cort. quercus, Cort. salicis, Cort. mezerei, Cort. frangulae)*, die sich wie Schienen an den Siebtheil anlegen und als localmechanische Einrichtungen zum Schutze des letzteren aufzufassen sind. Meist sind diese Bastzellengruppen durch Anastomosen in der Längsrichtung zu „federnden Verbänden“ vereinigt [1]) *(Cort. mezerei, Cort. salicis, Cort. simarubae)*.

Fig. 453.



Querschnitt durch eine unbedeckte *China Calisaya americana*. *mk* Rindenstrahlen, *b* Bastfasern, *K* Kork (Borkenrest). Vergr. 65 (Berg).

Bastzellen fehlen der secundären Rinde selten ganz *(Berberis vulgaris*, wo sie auch dem Rindenprotophloëm abgehen). Bei *Betula*, *Fagus, Menispermum*, *Camellia*, *Remijia*, *Drimys Winteri*, *Abietineen* liegen Bastzellen nur an den Siebtheilen der primären Bündel (Rindenprotophloëm), nicht in der secundären Rinde.

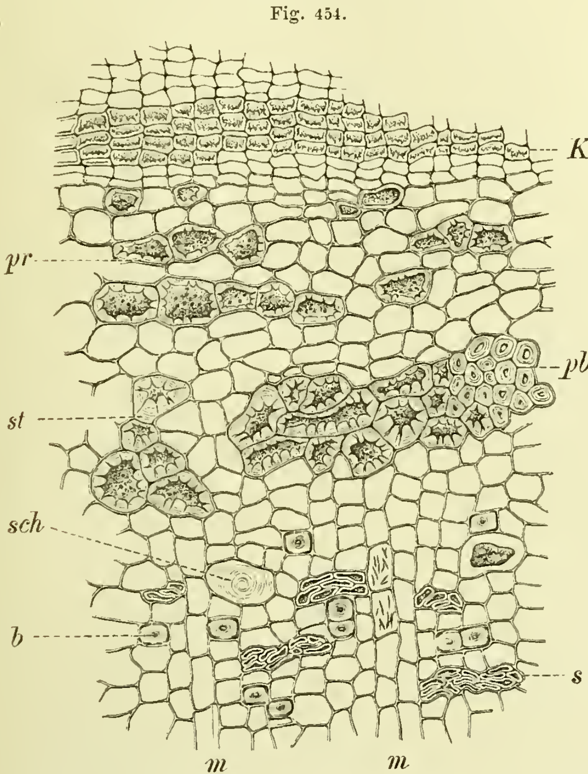
[1]) Tschirch, Pringsheim's Jahrb. 1885.

Meist treten sie ausser im gemischten Ringe auch in der secundären Rinde auf (*Cinnamomum, Daphne, Salix, Frangula, Quercus*[1]).

Begleitet werden die Bastsränge oftmals von Kristallkammerfasern (gekammerten Schläuchen), so bei *Quercus, Salix, Ulmus*, aber auch sonst finden sich kristallführende Zellen, sowie Sclereïden mannigfacher Ausbildung im Gewebe verstreut, nicht selten zu regelmässigen tangentialen (*Cort. granati*[2]) oder radialen (*Cort. canellae*, Fig. 447) Zellzügen vereinigt.[3])

Am oder im Siebtheil finden sich oftmals Milchröhren, bei *Rad. taraxaci*, mit den Siebröhren Gruppen bildend, die zu tangentialen, bei *Cichorium Intybus (Cichorienwurzel)* zu radialen Zonen, beziehentlich Streifen vereinigt sind. Bei *Balsamea Myrrha* wechseln Siebbänder mit Leitparenchymstreifen, in deren jedem ein schizogener Harzcanal liegt (Fig. 399), bei *Taraxacum* zeigen auch die von Milchröhren freien Siebtheilstreifen eine Neigung zu tangentialer Anordnung. Bei den Cupressineen (*Juniperus communis*) bilden die Siebbündel mit Bastzellstreifen (Fig. 451), bei *Pinus*arten (*Pinus silvestris*) mit Leitparenchymstreifen abwechselnd concentrische Zonen. Auch bei Dicotylen ist Aehnliches, nur nicht mit solcher Regelmässigkeit zu beobachten (z. B. in den meisten älteren officinellen Rinden [siehe Berg's Atlas] und auch bei *Balsamea Myrrha* u. and.). Die charakteristische Zonenbildung, die man bei vielen Wurzel- und Stammrinden beobachtet, hat also die verschiedensten Gründe. Bei *Rad. taraxaci* sind es die Milch- und Siebröhrenbündel, bei *Rad. althaeae, Cort. quercus, Cort. frangulae* Bastzellbündel, bei *Cort. granati* Kristallzellreihen[4]), bei der Rinde von *Balsamea Myrrha* Keratenchymbündel.

Fig. 454.



Querschnitt durch chinesischen Zimmt. *K* Steinkork, *pr* Parenchym der Mittelrinde, *st pb* gemischter Ring, *sch* Schleimzellen, *b* Bastfaser, *s* Siebbündel obliterirt, *m* Rindenstrahlen. Vergr. 160 (Möller).

Die *Coniferen*, sonst an Secretbehältern reich, führen in der secundären Rinde für gewöhnlich keine solchen, die *Compositen* dagegen reichlich (s. Excretbehälter).

Die secundäre Rinde der Wurzeln ist ähnlich der der Stammorgane gebaut. Die Siebelemente und das Leitparenchym bilden hier für

[1]) Vergl. die Abbildungen in Berg's Atlas, Taf. 38.

[2]) Berg, Atlas. Taf. 40.

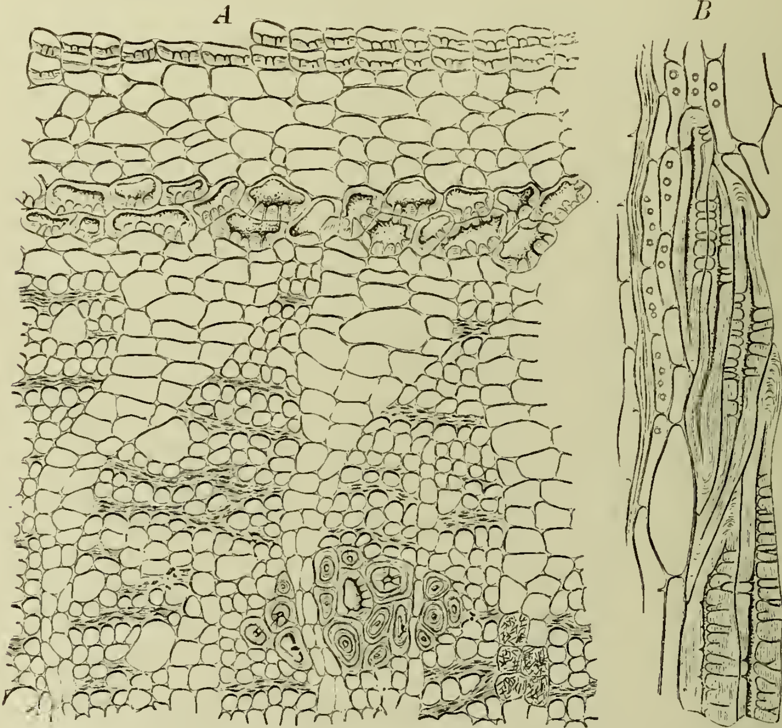
[3]) Kristalle fehlen der secundären Rinde von *Drimys Winteri* und *Fraxinus*.

[4]) Berg, Atlas. Taf. 40.

gewöhnlich keilförmige (den Holzstrahlen entsprechende), durch die Rindenstrahlen getrennte Phloëmstrahlen, in denen jedoch das Phloëmparenchym fast stets stark prävalirt; für gewöhnlich finden sich nur einige wenige Siebelemente verstreut (*Umbelliferen*wurzeln). Bei *Rhiz. rhei* sind die zarten Siebröhren zwischen dem stärkeführenden Phloëmparenchym nur schwer aufzufinden. Secretbehälter finden sich in reicher Menge den Phloëmstrahlen eingebettet bei *Umbelliferen-* und *Compositen*wurzeln (*Rad. angelicae* [Fig. 241], *Rad. Helenii* [Fig. 467]).

Fast mehr noch wie die Mittelrinde unterliegt die secundäre Rinde, wenigstens deren ältere, äussere Theile, nachträglichen Veränderungen. Nicht nur, dass in einigen Fällen die äusseren Partien, bisweilen sogar der ganze Jahreszuwachs (*Vitis vinifera*), durch innere Peridermbildung abgeworfen wird, auch in den nicht abgeworfenen Theilen treten mannigfache Veränderungen ein. Solche werden namentlich durch den Druck, den

Fig. 455.



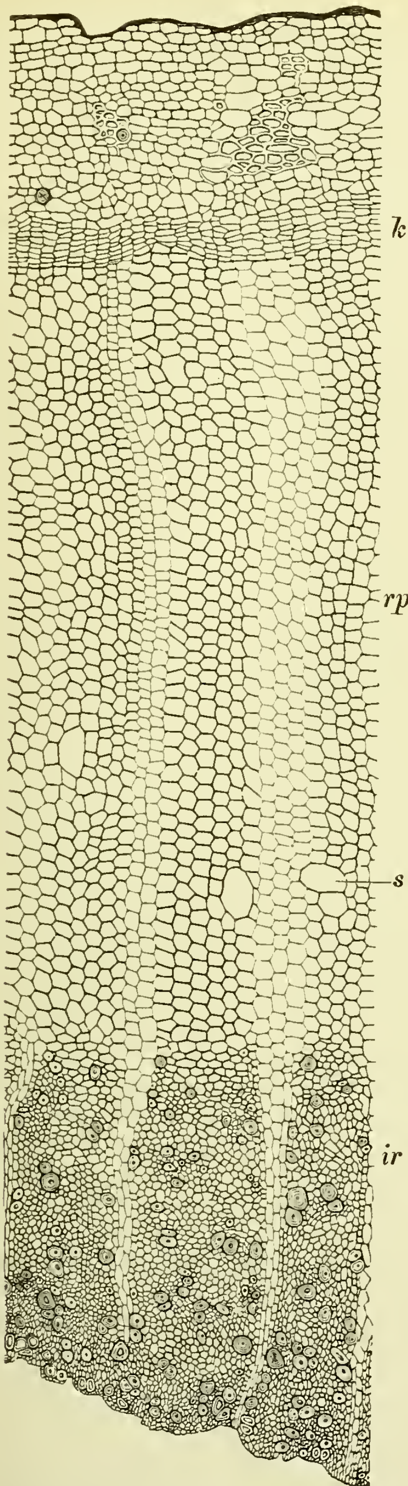
A Querschnitt durch die Nelkenzimmtrinde (*Dicypellium*). *B* Längsschnitt. Dilatation der Rindenstrahlen sehr deutlich (Möller).

die neugebildeten inneren Theile beim Dickenwachsthum auf die älteren, äusseren ausüben, hervorgebracht. So tritt häufig eine Dilatation der Rindenstrahlen ein, die Zellen der letzteren erscheinen also nach Aussen zu immer mehr tangential gestreckt (*Cort. cinnamomi*[1]), *Cort. cascarill.*, *Cort. dicypellii* (Fig. 455), *Cort. chinae* (Fig. 446), *Tilia* [Fig. 301]).

Auch die der Entstehung aus dem Reihencambium entsprechende, anfangs regelmässig radiale Anordnung der Rindenelemente wird mannigfach verschoben, dazu tritt eine, besonders bei älteren Rinden häufige Sclerose des Leitparenchyms, sowohl der Rindenstrahlen (Sclereïdenbrücke) als des Phloëmparenchyms, die im extremsten Falle zur Bildung von oft mächtigen Sclereïdennestern führt (*Erythrophloëumrinde, Fagus*). Bis-

[1]) Vergl. Berg, Atlas, Taf. 36.

Fig. 456.



Querschnitt durch eine *Calisaya Renewed bark. rp* Wund-Parenchym, *ir* secundäre erneuerte Rinde; besonders *rp* ist sehr alkaloïdreich (Tschirch).

weilen *(Fraxinus exc.)* entsteht sogar ein zweiter gemischter Ring. Endlich pflegen die älteren Siebbündel (Siebröhren und Cambiform) zu Keratenchym zu obliteriren (s. oben S. 346 und Fig. 399, 447, 454, 455) und gerade diese nachträglichen Veränderungen liefern die charakteristischen Bilder für die Diagnose der Rinden.

Aber auch wirkliche Desorganisationsvorgänge sind zu beobachten, so bei der Entstehung der lysigenen Gummidrusen von *Acacia, Prunus* (S. 213), der lysigenen Harzdrusen von *Styrax Benzoïn* (S. 216), und einiger Coniferen (siehe Membranmetamorphose und Excretbehälter). Noch häufiger wie dies sind mechanische Zerreissungen, die zur Entstehung grosser unregelmässiger Lücken führen *(Rad. angelicae, Pimpinellae)*, die meist Luft, seltener Secrete *(Rad. alkannae)* enthalten.

Es ist hier der Ort, über die sogenannten erneuerten Chinarinden, Renewed barks, einige Worte einzufügen. Diese Rinden entstehen dadurch, dass man die ursprüngliche Rinde abschält, das Cambium aber stehen lässt und den Baum mit Moos umwickelt. Unter der Moosbedeckung wird die Rinde regenerirt.

Die im Handel befindlichen sehr alkaloidreichen „erneuerten Chinarinden" *(Renewed red, renewed brown, mossed red, mossed brown)* sind durch einen Reichthum an parenchymatischen Elementen in den äusseren Rindenpartien ausgezeichnet. Es entspricht dies den auch bei unseren Laubhölzern beobachteten Erscheinungen. Wenn nämlich die Rinde durch Abschaben entfernt, oder eine sogenannte Schälwunde erzeugt wird, so entsteht in allen den Fällen, wo das Cambium erhalten blieb und durch irgend welche Mittel, z. B. Umwickeln mit Moos, vor dem Austrocknen und Absterben geschützt wird, aus der stehenbleibenden cambialen Schicht nach Aussen zunächst ein aus dünnwandigen, parenchymatischen, zu radialen Reihen vereinigten Zellen bestehendes Gewebe, eine Wundschicht (Wundparenchym [1]), Fig. 456 *rp*). In späteren Stadien differenzirt sich in dieser eine dem normalen unverletzten Holze benachbarte Zone zu secundärem oder Folgecambium und dieses erzeugt alsdann normale secundäre Rinde (Fig. 456 *ir*). In der Peripherie differenzirt sich eine Schicht zum Phellogen und erzeugt Kork (Fig. 456 *k*). So liegt denn auch bei den erneuerten Rinden, die nach Ablösung der erst-

[1]) Vergl. bes. Trécul, Reproduction du bois et de l'écorce. Ann. sc. nat. 3 sér. T. XIX, 1853. — Frank, Handbuch d. Pflanzenkrankheiten, S. 111.

erzeugten Rinde unter einer Moosbekleidung (daher Mossed bark) entstehen, zu innerst eine meist schmale, normale, secundäre Rindenschicht, dann folgt das Wundgewebe und zu äusserst der mehr oder weniger dicke Kork. Es scheint diese Art der Regeneration übrigens auch einzutreten, wenn ausser dem Cambium bei der Wundbehandlung ein kleines Stück normaler Rinde stehen blieb.

Da es vornehmlich die parenchymatischen Elemente der Rinde sind, die die Chinaalkaloide enthalten, diese aber bei den erneuerten Rinden alle anderen an Zahl weit übertreffen, so ist es erklärlich, dass gerade die erneuerten Rinden sehr alkaloidreich sind.

Der Process, der bei der Erneuerung der Rinde vor sich geht, hat ausserordentliche Aehnlichkeit mit dem bei der Erneuerung der Korkschicht behufs Erzeugung des „weiblichen Korkes“ von *Quercus Suber* (S. 283) vor sich gehenden. Hier wie dort werden nach der Entfernung der erstgebildeten Rindenschicht weite, dünnwandige Elemente gebildet, beim Kork vom Phellogen (Korkcambium), bei den Renewed barks vom Cambium.

Eine merkwürdige Erscheinung habe ich bei einer erneuerten Rinde beobachtet. Es waren dies sogenannte Maserknollen, Knollenmasern oder Holzkugeln.[1]) Mitten in der Rinde und ohne mit dem Cambium in directer Verbindung zu stehen, fanden sich rundliche und traubige Körper von 3—20 Mm. Länge und deutlich maseriger Oberfläche. Dieselben besassen den Bau des typischen Holzkörpers, d. h. enthielten Gefässe und Holzparenchym, nur in der Anordnung beider, wie bei allen Maserbildungen, von der normalen abweichend; von einem excentrisch gelegenen Mittelpunkte verliefen die Elemente in gekrümmten und verbogenen radialen Reihen. Während das umgebende Rindengewebe ausserordentlich reich an Alkaloiden war, fand ich in der Maserknolle keine Spur davon.[2])

Der Holzkörper.

Den Theil, der beim secundären Dickenwachsthum nach Innen abgeschieden wird, nennt man den Holzkörper.[3]) Derselbe entspricht also auf der anderen Seite des Cambiums der nach Aussen abgeschiedenen secundären Rinde. Für gewöhnlich freilich trennt man den zu innerst am Holzkörper gelegenen Gefässtheil der primären Gefässbündel nicht von dem Holzkörper, der ja eine Bildung des secundären Dickenwachsthums darstellt, da ersterer sich auch anatomisch mit den secundären Zuwachsen innig verbindet. Streng genommen müssen wir ihn aber davon trennen, und da der Ausdruck Markkrone und Markscheide, den man bei den Stengelorganen für die, hier meist tiefer in das Mark vorspringenden (Fig. 406 *C*, *x*), primären Gefässtheile anwendet, für die Wurzeln, denen das Mark meist fehlt, nicht passt, so mögen die Gefässtheile der primären Bündel als Protohadrom[4]) oder primäres Holz unterschieden werden.

Wir finden also bei dem durch secundäres Dickenwachsthum verdickten Stamme und den Wurzeln an der äusseren Grenze der Innen- oder secundären Rinde den Siebtheil der primären Bündel mit seinen eventuellen mechanischen Belegen, das Rindenprotophloëm und an der inneren Grenze des Holzkörpers den Gefässtheil der primären Bündel, das Protohadrom, das bei den Stämmen den Namen Markscheide trägt. Die ältesten Theile des secundären Zuwachses liegen also bei der secundären Rinde an der Peripherie derselben, bei dem secundären Holz gegen das

---

[1]) Ueber dieselben vergl. Frank, Handbuch der Pflanzenkrankheiten, S. 131. Bei *Cinchona* waren dieselben seither noch nicht beobachtet.

[2]) Tageblatt der Naturforschervers. in Wiesbaden. 1887.

[3]) Ueber den Bau des Holzkörpers vergl. — ausser den unten citirten Arbeiten — Hartig, Beiträge zur vergl. Anatomie der Holzpflanzen. Bot. Zeit. 1859. — Sanio, Vergl. Unters. über die Elementarorgane des Holzkörpers. Bot. Zeit. 1863. Vergl. Unters. über die Zusammensetzung des Holzkörpers, ebenda. — Abromeit, Ueber die Anatomie des Eichenholzes. Pringsh. Jahrb. 15, S. 209. — Solereder, Ueber den systematischen Werth der Holzstructur bei den Dikotyledonen. Dissertation. München 1885. — Möller, Rohstoffe des Tischler- und Drechslergewerbes. Allgemeine Waarenkunde. Cassel 1883 u. viele and.

[4]) Ich wähle diesen Ausdruck und nicht den „Protoxylem“, da letzterer erstlich anderweit vergeben ist und der Nägeli'sche Ausdruck Xylem, der auch die mechanischen Elemente umfasst, hier nicht anwendbar ist, da der Gefässtheil der primären Bündel niemals mechanische Elemente enthält.

Centrum, die jüngsten bei der Rinde unmittelbar ausserhalb, beim Holz unmittelbar innerhalb des Cambiums.

In bei weitem den meisten Fällen unterscheidet sich das Protohadrom oder primäre Holz durch viel engere Gefässe von dem secundären Holzkörper (Fig. 457).

So beträgt die Weite der Gefässe bei den Wurzeln von:

	Im Protohadrom Mik	Im jungen secundären Holz Mik.
Arnica montana	6—12	25—30
Inula Helenium	4— 9	17—36
Taraxacum offic.	3—12	18—40
Cichor. Intybus	5—12	18—30
Valeriana offic.	3—11	15—30
Glycyrrhiza glabra	7—13	18—60
Ononis spinosa	5—10	30—75
Tormentilla erecta	5— 9	12—24
Angelica offic.	4—16	24—35
Levisticum offic.	5—13	20—32
Pimpinella magna	5— 8	15—32
Polygala Senega	5— 8	15—23
Althaea offic.	5— 7	10—25
Aconitum Napellus	6—12	18—30
Helleborus viridis	6—12	18—48
Aristolochia Serpentaria	3— 5	20—22

(Tschirch und Holfert.)

Bei den Stammorganen liegt das Protohadrom an der inneren Grenze der ältesten Holzstrahlen, also hinter denselben, bei den Wurzeln dagegen zwischen diesen (Fig. 448), da bei ihnen das secundäre Holz zwischen, nicht vor den primären Gefässplatten gebildet wird. Daher laufen bei dem Wurzelbündel die primären Markstrahlen auf die Protohadromgruppen zu, bei den Stammorganen nicht.

Dieser Umstand kann als ein gutes Unterscheidungsmittel von Wurzeln und Stammorganen dienen, wenn beide Mark führen. In der That kann man z. B. jüngere Wurzeln und Ausläufer [1]) von *Glycyrrhiza glabra* durch dies Verhalten leicht von einander unterscheiden (Fig. 448 und 457). Im späteren Alter jedoch verwischt sich die Sache durch Verschiebungen und nachträgliche Theilungen im Mark derartig, dass man z. B. ältere Wurzeln und Ausläufer von *Glycyrrhiza glabra* hieran nicht mehr unterscheiden kann. Ueberhaupt sind ältere Wurzeln und ältere Stammorgane sehr übereinstimmend gebaut.

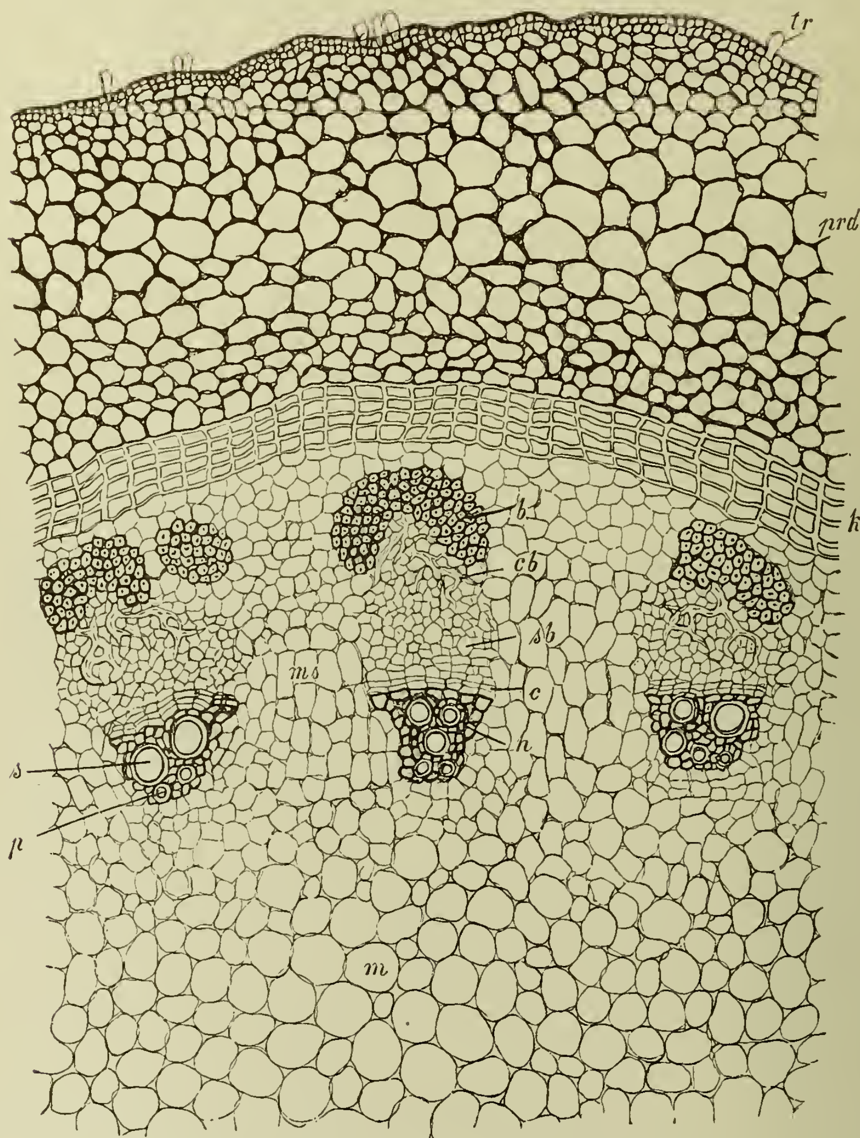
Der durch secundäres Dickenwachsthum entstandene Holzkörper besteht, wie auch die secundäre Rinde, aus leitenden und aus mechanischen Elementen.

„Während für die primäre Anordnung der Gewebe des Dicotylenstammes der so überaus häufige Bastring charakteristisch ist, wird nach Eintritt des Dickenwachsthums das Stereom auf die Innenseite des Verdickungsringes verlegt; der Bastring wird zum Libriformring. Der Grund für diese abweichende Lagerung der mechanischen Elemente ist unschwer einzusehen. Nur auf der Innenseite des Verdickungsringes kann das Stereom zu einem dauernden Bestandtheile des in die Dicke wachsenden Organes werden. Da nun vom Verdickungsringe auch die wasserleitenden und ein Theil der kohlehydratleitenden Elementarorgane nach Innen zu abgeschieden werden, so ist im Holzkörper eine wechselseitige Durchdringung

[1]) Die Ausläufer sind ja unterirdische Stammorgane.

des mechanischen und des stoffleitenden Gewebesystems die unausbleibliche Folge. Indem auf diese Weise die beiden genannten Systeme ihre anatomische Selbstständigkeit aufgeben müssen, so wird begreiflicherweise auch ihre physiologische Selbstständigkeit zum Theil verwischt und beseitigt. Die verschiedenen Functionen sondern sich nicht mehr strenge nach den

Fig. 457.



Querschnitt durch einen jungen Ausläufer von *Glycyrrhiza glabra*.
prd primäre Rinde, *tr* Haare, *k* Kork), *b* Bastzellgruppen, *cb* obliterirter (primärer), *sb* functionirender (secundärer) Siebtheil, *c* Cambium, *h* Holztheil, *p* primäre, *s* secundäre Gefässe, *ms* Markstrahlen, *m* Mark (Tschirch und Holfert).

anatomischen Hauptmerkmalen der Gewebe. Das eine Gewebesystem übernimmt als Nebenfunction die Aufgabe des anderen, und schliesslich kann zwischen Haupt- und Nebenfunction überhaupt nicht mehr unterschieden werden. Der anatomische Ausdruck hierfür besteht in dem Vorhandensein

zahlreicher Uebergangsstufen, durch welche die Formen der typischen Elementarorgane des Skelet- und des Leitungssystems mit einander verbunden sind" (HABERLANDT).

Die typischen Elementarorgane des Holzes sind:

a) Die specifisch mechanischen: Libriform.

b) Die wasserleitenden: Gefässe und Tracheïden.

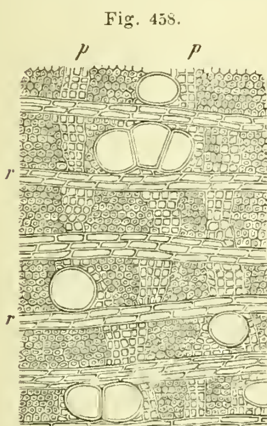
c) Die kohlehydratleitenden (und speichernden): Holzparenchym- und Markstrahlen. [1])

a) Die **Libriformfasern**, die schon oben (S. 297) ausführlich behandelt und als die „Bastfasern des Holzes" charakterisirt wurden, erreichen im Holzkörper der Stämme meistens nicht die Länge der Bastfasern, in den Wurzeln finde ich zwischen ihnen und den Bastzellen der Rinde häufig nicht den mindesten Unterschied, so z. B. in der Wurzel von *Althaea officinalis*, *Glycyrrhiza glabra* (Fig. 401), so dass der Name hier ausschliesslich die topographische Lage charakterisirt: die Bastzellen der Rinde heissen Bastzellen, die des Holzes Libriformzellen.

Die Libriformfasern sind meist länger als die Tracheïden, so beträgt ihre Länge z. B nach SANIO im Verhältniss zu den Tracheïden bei:

	Libriform Mik.	Tracheïden Mik.
Rhamnus cathartica	520	280
Aesculus Hippocastan.	430	260
Tilia parvifolia	460	310
Rhamnus Frangula	440	240
Quercus pedunculata	800	490
Prunus laurocerasus	1260	560
Daphne Mezereum	210	150

Fig. 458.



Querschnitt durch das Holz von *Picrasma excelsa* (*Lign. quassiae jamaic.*). *p* Holzparenchym, *r* Markstrahlen (Flückiger).

Selten sind sie kürzer (*Ribes*) oder ungefähr gleichlang (*Syringa vulg.*) wie die Tracheïden. Libriformfasern finden sich bei den festen Hölzern, besonders im mittleren Theile des Jahresringes, hier gewöhnlich die Grundmasse bildend (*Lign. guajaci*, *quassiae*, Fig. 458), bisweilen fehlen sie im Frühjahrs- und Herbstholz ganz (*Robinia*).

b) Die **Gefässe** und **Tracheïden** des secundären Holzes, des sogenannten „Holzkörpers", sind kaum dickwandiger als die entsprechenden Elemente des Protohadroms, doch sind erstere der Regel nach weiter, letztere oft mit spiraligen Wandverdickungen versehen (*Tilia*).

Die Gefässe des (secundären) Holzkörpers der Dicotylen (besonders der baum- und strauchartigen) sind für gewöhnlich Tüpfelgefässe mit ausser den Tüpfeln glatter oder innen spiralfaseriger Wand. [2]) Selten sind die

---

[1]) SANIO unterscheidet im Holze:
1. Parenchymatisches System.
   a) Holzparenchym.
   b) Ersatzfasern.
2. Bastfaserähnliches System.
   a) Einfache, ungetheilte Holzzellen oder Holzfasern: Libriform.
   b) Gefächertes Libriform.
3. Tracheales System.
   a) Gefässe.
   b) Tracheïden.

[2]) Bezüglich der Tüpfelung an den Stellen, wo die Gefässe an ungleichnamige Gewebe grenzen, vergl. SANIO und DE BARY, Anatomie, S. 494 und das oben (S. 164) Gesagte.

engen Gefässe Spiralgefässe, die weiten nicht *(Morus, Broussonetia)*, meist sind beide gleichgebildet.

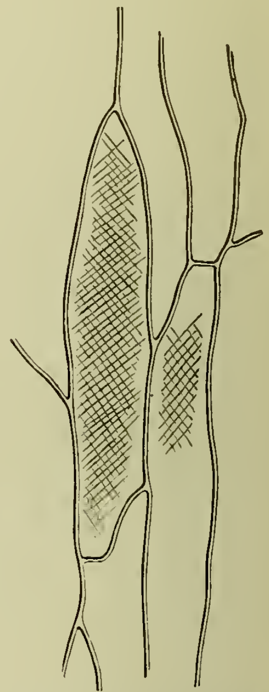
Bei den Coniferen fehlen die Gefässe und das secundäre Holz wird nur von Tracheïden gebildet *(Lignum Juniperi)*.[1] Die Tracheïden zeigen stets behöfte Tüpfel, bisweilen auch da und dort eigenthümliche Querbalken, — Querbalkentracheïden *(Pinus silvestris)*.[1] Wo Tracheïden neben Gefässen vorkommen, pflegen sie dieselben, besonders die kleineren, zu begleiten, auch walten sie meist im äusseren Theile des Jahresringes vor *(Evonymus, Syringa, Ligustrum)*. Bei *Tilia, Laurus nobilis* und *Camphora, Rhamnus Frangula, Sambucus nigr.* u. and. kommen sie sogar nur in der Herbstgrenze des Jahresringes vor.

c) Die **Holzparenchymzellen** (Fig. 458 *p*) entstehen durch wiederholte Quertheilungen von Cambiumzellen. Sie besitzen parenchymatischen Charakter, sind im Querschnitt isodiametrisch, in der Nähe von Gefässen oft plattgedrückt, in der Längsrichtung etwas gestreckt, dünnwandig. Sie führen einen lebenden Plasmaschlauch und ihre Wandung zeigt einfache rundliche oder ovale Tüpfel. Sie leiten die Kohlehydrate und durchziehen daher, mit den Gefässen und Markstrahlen ein communicirendes System bildend, den Holzkörper meist in Form von Querbändern *(Guajacum*[2]), *Quassia* [Fig. 458], *Picrasma, Copaifera; Garcinia)*.

Bei wenigen Hölzern *(Bombax, Carica)*, aber zahlreichen Wurzeln *(Angelica)* bildet das Holzparenchym die Hauptmasse des Holzkörpers. Bei den eigentlichen „Hölzern" umgibt es entweder die Gefässe, beziehentlich Gefässgruppen — paratracheales Parenchym (Sanio) — oder es bildet tangentiale Streifen — metatracheales Parenchym (Sanio) —, die bisweilen, wenn auch meist nicht rings umlaufende, concentrische Ringe bilden — falsche Jahresringe.

Im Winter wird das Holzparenchym zum Speichergewebe, und die Zellen sind daher oft dicht mit Stärke vollgepfropft *(Quercus)*.

Fig. 459.



Ersatzfasern aus der *Rad. angelicae* im Längsschnitt, mit deutlicher Streifung der Membran (Tschirch).

Erleidet die Cambiumzelle keine Quertheilungen, behält die abgeschiedene Zelle also die spindelförmige, dachig zugespitzte, prosenchymatische Gestalt der typischen Cambiumzelle, so kann man, dem üblichen Sprachgebrauche gemäss, nicht mehr von Holzparenchym sprechen und muss diese Zellen mit einem besonderen Namen belegen. Da sie in vielen Fällen das Holzparenchym ganz *(Rad. angelicae)* oder theilweise ersetzen, so hat sie Sanio als Ersatzfasern (Fig. 459), bezeichnet. Functionell gleichen sie jedoch dem Holzparenchym vollständig, sie leiten Kohlehydrate und speichern Stärke, daher muss man sie zum Holzparenchym im weiteren Sinne rechnen (Troschel). Bei *Rad. gentianae* besitzen die spindelförmigen Ersatzfasern spaltenförmige Tüpfel, bei *Rad. angelicae* sind sie bisweilen gefächert.

Eine sehr bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit des Holzkörpers liegt darin, dass sich in ihm häufig Uebergangsformen zwischen den

[1]) Berg, Atlas, Taf. 25.
[2]) Berg, Atlas, Taf. 27.

typischen leitenden und den specifisch-mechanischen Elementen finden, ja bisweilen sogar prävaliren. Es darf sogar als eine Seltenheit betrachtet werden, dass mechanische und leitende Elemente in typisch scharf unterschiedenen Formen (wie bei den Leguminosen, *Quercus* u. and.) neben einander vorkommen.

HABERLANDT hat diese Uebergangsformen zwischen Libriform und Tracheïden einerseits und Libriform und Holzparenchym andererseits in zwei sehr instructiven Tabellen zusammengefasst[1], die hier folgen mögen, da sie zugleich den mit dem Formwechsel vor sich gehenden Functionswechsel veranschaulichen:

Bezeichnung der Formen	Hauptfunction	Nebenfunction
1. Libriformfasern mit abgestorbenem Plasmakörper.	Festigung.	— —
2. Libriformfasern mit lebendem Plasmakörper. *a)* ungefächert. *b)* gefächert	Festigung.	Leitung und Speicherung von Kohlehydraten.
3. Zellen, die halb Libriform-, halb Ersatzfasern sind.	Kein Unterschied zwischen Haupt- und Nebenfunction.	
4. Dickwandige Holzparenchymzellen.	Leitung und Speicherung von Kohlehydraten.	Festigung.
5. Ersatzfaserzellen mit spaltenförmigen Tüpfeln.	Leitung und Speicherung von Kohlehydraten.	Festigung.
6. Dünnwandige Holzparenchymzellen und Ersatzfasern.	Leitung und Speicherung von Kohlehydraten.	— —
1. Libriformfasern mit spaltenförmigen, einfachen Tüpfeln.	Festigung.	— —
2. Libriformfasern mit kleinen Hoftüpfeln (spaltenförmige Tüpfelcanäle).		Wasserleitung.
3. Fasertracheïden (Hydrostereïden); prosenchymatische, dickwandige Elemente mit grossen Hoftüpfeln, ohne spiralfaserige Wandverdickungen.	Kein Unterschied zwischen Haupt- und Nebenfunction; die Elemente sind in gleicher Weise an der Festigung des Organes wie an der Wasserleitung betheiligt.	
4. Fasertracheïden, wie vorhin, mit spiraligen Wandverdickungen.		
5. Dickwandige Tracheïden und Gefässe.	Wasserleitung.	Festigung.
6. Dünnwandige Tracheïden und Gefässe.	Wasserleitung.	— —

Nur Tracheïden finden sich im Holzkörper der *Wintereen (Drimys Winteri)* und *Taxus baccata* (SANIO), sowie einiger Wurzeln *(Rad. ipecacuanhae)*. Aber auch die meisten anderen *Coniferen* zeigen nur spärlich Leitparenchym in zerstreuten Reihen (Fig. 458) oder als Bekleidung der Harzcanäle (Fig. 388 *s*). Gefässe fehlen ihnen stets, selbst im Protohadrom (Seite 338).

Bei den dicotylen Holzpflanzen sind stets Gefässe und entweder Holzparenchym (Strangparenchym) und Libriform oder Ersatzfasern oder Tracheïden — je nach den Arten — vorhanden. SANIO gibt folgende Uebersicht:

---

[1]) Physiologische Anatomie, S. 358 und 359.

1. Gefässe, Tracheïden, Strangparenchym, Ersatzfasern.
   a) nur mit Strangparenchym: *Ilex aquifolium, Staphylea pinnata, Pirus communis.*
   b) nur Ersatzfasern: *Porliera.*
   c) beide Zellformen: *Kerria, Potentilla fruticosa, Aristolochia Sipho.*
2. Gefässe, Tracheïden, Faserzellen, Strangparenchym, Ersatzfasern.
   a) nur Strangparenchym, Faserzellen ungefächert: *Sambucus nigra, Acer platanoides, campestre.*
   b) Strangparenchym und Ersatzfasern, Faserzellen ungefächert: *Ephedra monostachya, Berberis vulgaris, Mahonia.*
   c) Strangparenchym, Faserzellen gefächert und ungefächert: *Punica, Vitis vinifera, Hedera Helix.*
   d) Alle vier Zellformen: *Mühlenbeckia complexa, Ficus* (?).
3. Gefässe, Tracheïden, Holzfasern (Libriform), Strangparenchym, Ersatzfasern. Dies ist die vorherrschende, man kann fast sagen typische Combination, und zwar:
   a) nur Strangparenchym: *Rhamnus cathartica, Ribes rubrum, Quercus, Castanea, Carpinus spec., Amygdaleen, Melaleuca.*
   b) nur Ersatzfasern: *Caragana arborescens.*
   c) beiderlei Zellformen. Hierher wohl die Mehrzahl der Laubhölzer, z. B. *Salix, Populus spec., Liriodendron, Alnus glutinosa, Betula alba, Juglans regia, Tilia, Robinia.*
4. Gefässe, Holzfasern, Parenchym, Ersatzfasern.
   a) beiderlei Zellen: *Fraxinus excelsior* und *Ornus, Citrus medica.*
   b) nur Ersatzfasern: *Viscum album.*
   c) nur Strangparenchym: *Avicennia.*
5. Gefässe, Faserzellen, Parenchym.
   Begonia, Caryophylleen.
6. Gefässe, Faserzellen, Parenchym, Holzfasern?
   Eugenia australis.
7. Gefässe, Tracheïden, Holzfasern, Faserzellen (gefächerte), Parenchym, Ersatzfasern.
   Ceratonia Siliqua.

Ich will an dieser Stelle noch hinzufügen, dass auch die leitenden Elemente des Holzkörpers, besonders die Tracheïden und Gefässe, sofern sie dicke Wandungen besitzen. neben der leitenden auch eine mechanische Function besitzen, ja dort, wo Libriform fehlt, wie z. B. bei den *Coniferen*, ausschliesslich die Festigung des Holzkörpers besorgen.

Die **Markstrahlen** dienen bei den markführenden Stengel- und Stammorganen der Dicotylen und Gymnospermen als Communicationswege zwischen Mark und Rinde, sie durchziehen also den Holzkörper in radialer Richtung. In den marklosen Wurzeln ist letzteres gleichfalls der Fall, doch dienen sie hier nur zur Canalisation der Holzkörper. Den monocotylischen Stengeln und Wurzeln fehlen Markstrahlen. Stets sind die Rindenstrahlen (S. 390) die Fortsetzungen der Markstrahlen in der Rinde.

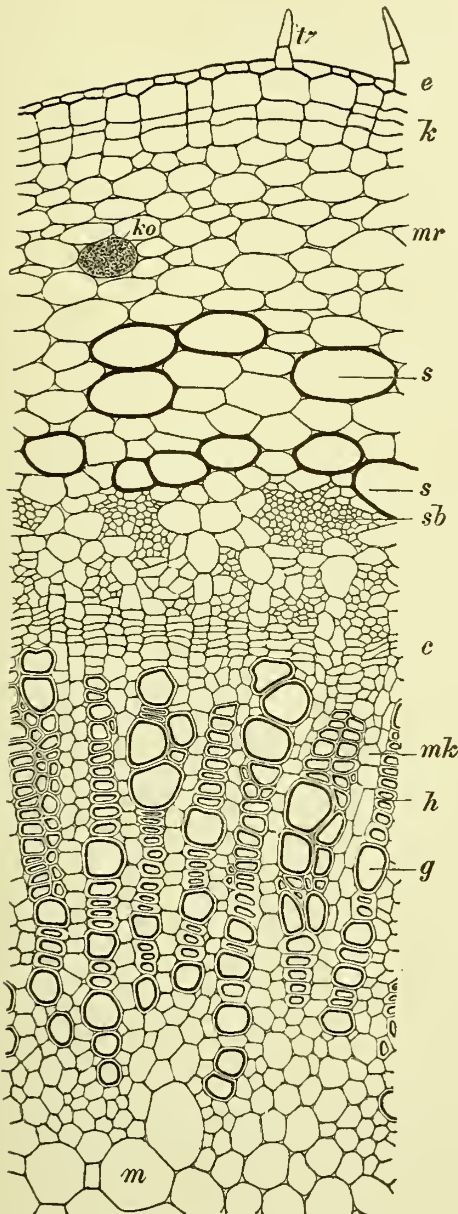
Als primäre Markstrahlen bezeichnen wir diejenigen Zellzüge, die in der primären Bündelanlage der Stengel die einzelnen primären Bündel von einander trennen und Mark und primäre Rinde mit einander verbinden, bei den Wurzeln die Zellzüge, welche, nach Eintreten des secundären, meist zwischen den primären Gefässplatten sich abspielenden Dickenwachsthums auf die primären Gefässplatten zulaufen, also am tiefsten in den centralen Wurzelkörper eindringen.

Als secundäre Markstrahlen alle später, also im weiteren Verlaufe des Dickenwachsthums auftretenden Markstrahlen.

Die primären Markstrahlen sind also nur, soweit sie dem Dickenwachsthum folgen, cambiale Gebilde. Ihr Zuwachs wird durch die Markstrahlinitialen im Zwischenbündelcambium erzeugt. Die secundären sind rein cambialen Ursprunges und werden in der Weise im Cambiumringe angelegt, dass je nach der Breite des Markstrahles eine oder mehrere Cambiumzellen eine der Höhe des Markstrahles entsprechende Anzahl von

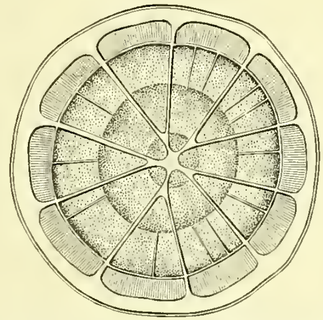
queren und schrägen Theilungen eingehen. Die so entstehenden Zellen werden zu den Initialen der Zellreihen des secundären Marksrtahles.[1])

Fig. 460.



Querschnitt durch einen jungen Spross von *Cinchona Calisaya* bei Beginn der Peridermbildung. *k* Kork, *e* Epidermis mit Haar, *mr* primäre Rinde, *s* Gummiharzschläuche, *sb* Primäre Siebbündel (Rindenprotophloëm), *c* Cambium, unmittelbar ausserhalb desselben der secundäre Siebtheil (secundäre Rinde), *g* Gefässe, *mk* Markstrahlen, *m* Mark (Tschirch).

Fig. 461.



Schematischer Querschnitt eines Dicotyledonen-Stammes. Der aus dem Marke und 2 Jahresringen bestehende (punktirte) Holzkörper ist durch die Cambiumzone von der Rinde getrennt und durch die primären Markstrahlen in keilförmige Gruppen getheilt. Secundäre Markstrahlen finden sich nur im jüngsten Jahresring, die secundäre Rinde ist gestrichelt gezeichnet (Wiesner).

Die Zellen der Markstrahlen sind stets parenchymatisch (Strahlenparenchym), und rechteckig-prismatisch, meist im Querschnitt radial gestreckt (Fig. 460, 451, 387, 458) und vorwiegend an den Radialwänden (aber auch an den an Gefässe und Holzparenchym grenzenden) mit einfachen Tüpfeln getüpfelt. Dadurch unterscheiden sie sich von den Holzparenchymzellen und deuten zugleich (durch ihre Streckung) die Richtung der Strombahn der in ihnen wandernden Stoffe an. Zur Vegetationszeit sind sie leitend, während der Vegetationsruhe (Winter) führen sie Stärke, werden also zu Reservebehältern (Functionswechsel). Die Markstrahlzellen enthalten stets einen wenn auch zarten Plasmaschlauch.

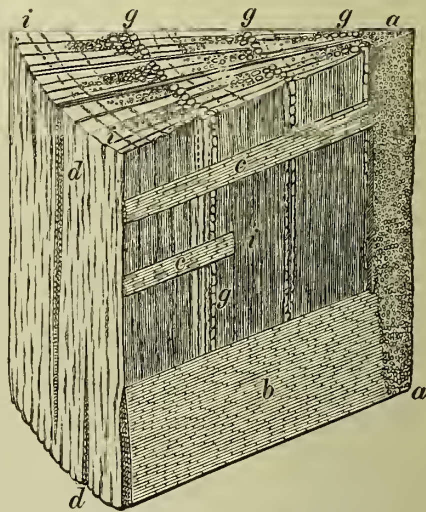
Es können nun entweder die primären Markstrahlen die einzigen bleiben und sich demgemäss, entsprechend dem fortschreitenden Dickenwachsthum, also wachsendem Umfange des Holzkörpers, nach Aussen zu stark verbreitern [Dilatation der Markstrahlen] (selten), oder es treten in den successiven Zuwachszonen immer

[1]) Vergl. Fig. 125 in Haberlandt's Anatomie.

neue secundäre Markstrahlen auf, so dass die jüngste Zuwachszone die meisten, die älteste die wenigsten Markstrahlen enthält (der gewöhnliche Fall, Fig. 461 und 462). Die Zahl der Markstrahlen steht meistens in umgekehrtem Verhältniss zu ihrer Breite. Wo wenige vorkommen, sind sie breit, wo viele vorkommen, meist schmal. Nach Nördlinger[1]) kommen auf 5 Mm. Holzkörper bei *Clematis Vitalba* 10, bei *Robinia* 20, bei *Abies excelsa* 44, bei *Punica granatum* 105.

Auch die Breite der Markstrahlen ist eine, je nach den Arten wechselnde. Besonders breite besitzen die Eichenarten (bis 1 Mm.), besonders schmale (0·015 Mm.) *Juniperus commun. (Lignum Juniperi)*, etwa 0·025 Mm. beträgt die Breite bei *Abies, Pinus, Larix, Taxus,* etwa 0·05 bei *Sambucus, Acer, Juglans.* Wie die Breite, so wechselt auch die Zahl neben einander liegender Zellreihen, die den Markstrahl bilden. Bei *Lignum Juniperi* sind die Markstrahlen 1reihig, ebenso bei *Lignum guajaci* und *Fernambuci,* bei *Lignum Quassiae jamaic.* (Fig. 458) sind sie im Maximum 3reihig, bei *Lignum Quassiae surinamens.* im Maximum 2reihig, bei *Lignum Campechianum* 1- bis 3reihig.[2])

Fig. 462.



Schema eines Holzkeiles. *a* das Mark, *b* und *c* Markstrahlen auf der radialen Fläche, *d* auf der tangentialen Fläche, *g* Gefässgruppen (Porenringe), *i* Herbstholz, *aai* Radialer Längsschnitt, *dd* tangentialer Längsschnitt, *iggai* Querschnitt (Th. Hartig).

Nicht minder wechselt die Höhe. Die primären Markstrahlen sind so hoch wie das Internodium lang ist (Fig. 462), also unter Umständen 10 bis 20 Cm. hoch, die secundären meist sehr viel niedriger (Fig. 462), bei den nur 1—2 Zellen hohen der *Abietineen* kaum 25 Mik. (de Bary). Meist gibt man bei der Höhe des Markstrahles nicht das absolute Maass, sondern die Zahl der übereinander liegenden Zellen, die den Markstrahl bilden und die maximale Zahl neben einander liegender an, welche Daten an tangentialen Längsschnitten leicht auf den ersten Blick zu eruiren sind. Die unter 25 Mik. breiten Markstrahlen sind meist nur eine Zelle, höchstens in der Mitte zwei Zellen breit, sie sind, wie man zu sagen pflegt, 1reihig. Die Markstrahlen von *Lignum quassiae surinamens.* sind 2—20 (meist 6—15) Zellen hoch u. 1—2 Zellen breit, die von *Lig. quass. jamaic.* 2 bis 20 Zellen hoch und 1—3 Zellen breit, die von *Lign. guajaci* sind 2 bis 6 Zellen hoch und eine Zelle breit, die von *Lign. Campechianum* 10 bis 20 Zellen hoch und 1—3 Zellen breit, die von *Lign. Fernambuci* sind 12—20 Zellen hoch und 1—2 Zellen breit.[3])

Markstrahlen zweierlei Grössen, grosse und kleine, kommen vielen Hölzern zu *(Quercus, Fagus).*

Auf dem tangentialen Längsschnitte sind primäre und secundäre Markstrahlen leicht zu unterscheiden (Fig. 462 *d*). Nur die letzteren sind spindelförmig, oben und unten verschmälert, in der Mitte am breitesten. Sie sehen aus wie gestreckt elliptische Spalten im Holzkörper, die mit Parenchym

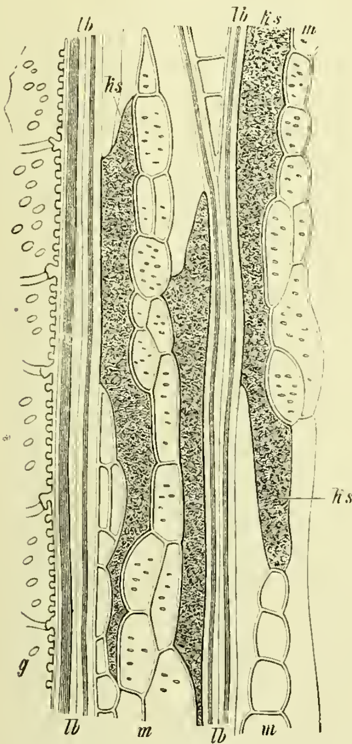
[1]) Querschnitte von Holzarten. Bd. II, S. 5.
[2]) Berg, Atlas, Taf. 25—28.
[3]) Vergl. auch Berg, Atlas, Taf. 25—28.

ausgefüllt sind. Im radialen Längsschnitte erscheinen die secundären Markstrahlen als ein den Holzkörper schneidendes Mauerparenchym (Fig. 462). Das Gleiche gilt von den Rindenstrahlen (Fig. 464).

Wie man an tangentialen Längsschnitten, an denen man begreiflicherweise am besten den Bau der Markstrahlen studiren kann, sieht, laufen die übrigen Elemente Libriform, Parenchym und Gefässe in flachem Bogen um die spindelförmigen, secundären Markstrahlen herum und letztere füllen die linsenförmige „Spalte" vollkommen aus. Bisweilen sind die Markstrahlenzellen die einzigen Leitparenchymelemente des Holzes *(Drimys Winteri, Taxus baccata)*, meist jedoch findet sich ausserdem noch Holzparenchym *(Quassia, Picrasma* (Fig. 458), *Guajacum)*.

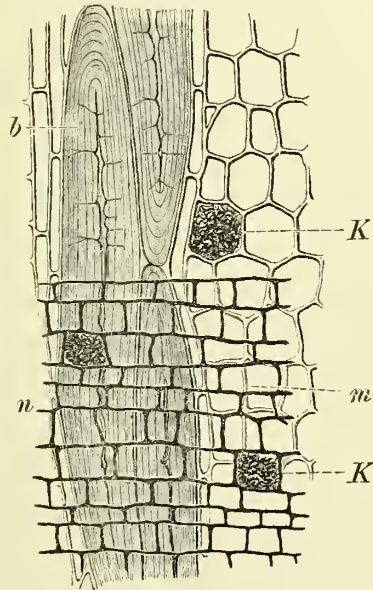
Selten besteht der Markstrahl aus zweierlei Elementen, Leitparenchym und Tracheïden (Fasern HARTIG's [1]), so besonders bei *Pinus, Larix,*

Fig. 463.



Tangentialer Längsschnitt durch das secundäre Holz der *Jurubebawurzel*. *m* Markstrahl, die Zellen mit ovalen Tüpfeln, *g* Gefäss, *ks* Kristallschläuche, *lb* Libriform (Tschirch).

Fig. 464.



Cort. Cinchonae Pahudianae. Partie aus dem radialen Längsschnitt. *b* Bastzellen in der Längsansicht, *m* Rindenstrahlen, *K* Zellen mit Calkoxalatkörnchen (Vogl).

Abies balsamea, wo die Markstrahltracheïden unregelmässige, nach Innen vorspringende Verdickungsleisten besitzen.

Bei *Pinus, Picea, Larix* liegt in den grösseren Markstrahlen oft ein Harzcanal.

Bisweilen besteht der Markstrahl auch ganz oder theilweise aus sclerotischen Fasern. Den letzteren Fall nachträglicher Sclerose habe ich unter dem Namen Sclereïdenbrücken beschrieben. Derartige Sclereïdenbrücken finden sich auch (s. oben S. 394) bei Rindenstrahlen häufig.

[1]) HARTIG, Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen, S. 13.

Vorkommen und Bau der Markstrahlen ist bei der Diagnose der Hölzer eines der wichtigsten Hilfsmittel.[1]) Dieselben werden denn auch in dem kleinen, aber sehr handlichen, ausschliesslich der praktischen Diagnostik der Hölzer gewidmeten Büchlein von Nördlinger[2]) eingehend berücksichtigt. Nördlinger bezeichnet Poren (Gefässe) und Markstrahlen geradezu als die „diagnostischen Hauptelemente“. Von der Art, wie man jetzt derartige Diagnosen behufs Bestimmung der Hölzer fasst, mag folgendes Beispiel eine Vorstellung geben, das sich auf unsere Linde (Fig. 478) bezieht.

Ohne grosse Markstrahlen. Gewöhnliche gerundete Holzringe (Jahresringe).

α) Poren (Gefässe) sparsam, in radialen Linien und Nestern, im Ganzen gleichmässig vertheilt. Linden:

Tilia grandifolia Ehrh., grossblätterige Linde, und *Tilia parvifolia* Ehrh., kleinblätterige Linde. Mark klein, 2 Mm. dick, 3- bis 5-eckig rund, weiss, aus etwas gemischten, ziemlich dünnwandigen, ziemlich feinen, am Umfang feinkörnigeren Zellen gebildet. Ohne Markfleckchen. Markstrahlen zahlreich, etwa 7 pro Millimeter, schmal bis mittler, dichter, ziemlich gerade verlaufend, doch den groben Porengruppen ausweichend. Poren (Gefässe) an Grösse ziemlich schwankend, ziemlich sparsam, etwa 40 Poren und Porengruppen per Quadratmillimeter, 1 bis 3, manchmal 4 oder 5, vielfach in Strahlen, auch sich stark drückend und Nester bildend, fein, gleichmässig, zerstreut. Gewebe schwammig und unregelmässig gebaut, stellenweise weiter- oder engermaschig. Holzringe deutlich durch das Sommerholz, wenig durch Frühlingsporen ausgezeichnet, kreisig, aber zwischen den Markstrahlen häufig etwas unregelmässig verlaufend. Holz weiss.

Auf eine sehr eigenthümliche Erscheinung im Baue des Holzkörpers einiger Pflanzen hat v. Höhnel aufmerksam gemacht.[3]) Er nennt es den stockwerkartigen Aufbau. Da derselbe im wesentlichen durch den Bau der Markstrahlen erzeugt wird, so mögen an dieser Stelle die Resultate der Höhnel'schen Untersuchungen eingereiht werden.

„Es gibt Holzcambien, deren Elemente nicht blos radial, sondern auch tangential gereiht sind. Diese Tangentialreihung mag manchmal eine Folge der Vermehrung der Cambiumzellen in tangentialer Richtung, also durch Auftreten von radialen Scheidewänden, sein. Es ist wahrscheinlich, dass bei vielen Pflanzen die Cambiumzellen schon ursprünglich eine horizontale Reihung aufweisen. Die Folge davon ist, dass das ganze Holz, d. h. alle Elemente aus sich mehr weniger weit erstreckenden Horizontalschichten aufgebaut ist. Jede Schichte hat die Höhe eines Gefässgliedes oder einer gefässartigen Tracheïde oder einer Parenchymersatzfaser. Die faserförmigen Tracheïden lassen bei den in Rede stehenden Hölzern in allen Fällen (*Pterocarpus*, *Sapindus*, *Picrasma* etc.) einen mittleren, breiten Theil, der seiner Länge nach einer Cambiumzelle entspricht, und deutlich davon abgesetzte schmälere Enden erkennen, die durch Spitzenwachsthum entstanden sind. Durch die schmäleren Enden wird die Verzahnung der einzelnen Schichten, aus welchen der Holzkörper aufgebaut ist, bewirkt; sie haben daher in erster Linie eine mechanische Bedeutung und daher keine oder spärliche Poren oder Tüpfel. Da die Stoffleitung (und zwar hauptsächlich die Wasserleitung) vornehmlich in axialer Richtung vor sich geht, so finden sich sehr häufig die Poren an den Fasern und faserförmigen Tracheïden, die zugleich die Grundmasse der betreffenden Hölzer bilden, fast nur oder doch vorzugsweise an den Enden des mittleren breiteren Theiles der Tracheïden oder Fasern. Sie sind dann in horizontalen Reihen oder Schichten, oft (*Bocoa*, *Inga*, *Sapindus*) äusserst regelmässig angeordnet. Die Porenreihen müssen naturgemäss genau in denselben Querschnitten wie die Gefässquerwände liegen, denen sie ja auch analog sind. Der Mitteltheil der Fasertracheïden hat daher in vielen Fällen eine andere physiologische Bedeutung als die Enden. Er dient der Wasserleitung, während die Enden mechanisch wirksam sind. Wenn die Markstrahlen sämmtlich gleich gross sind und jeder aus einer einzigen Cambiumzelle hervorgeht, oder aus einem Abschnitte einer solchen, so erscheinen sie, falls das Cambium eine Horizontalreihung der Elemente aufweist, in horizontalen Etagen geordnet. Diese Etagen entsprechen natürlich genau den Gefässgliedern und wechseln mit den eventuell vorhandenen Tüpfeletagen ab. Ihre Höhe schwankt von $^1/_2$ (*Swietenia*) bis $^1/_{11}$ Millimeter (*Guajacum officinale*). Die horizontale Reihung der Tüpfel hat mit der der Markstrahlen insoferne nichts zu thun, als zwar beide neben einander vorkommen können (*Bocoa*, *Inga*, *Pterocarpus*,

---

[1]) Vergl. bes. Anatomische Merkmale der wichtigsten deutschen Wald- und Gartenholzarten, beschrieben von Nördlinger. Stuttgart 1881, S. 38.

[2]) Vergl. ferner Hartig, Forstliche Culturpflanzen und zur vergl. Anatomie der Holzpflanzen. Bot. Zeit. 1859. Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches. Sanio, Ueber die Zusammensetzung der Holzkörper. Bot. Zeit. 1863. J. Möller, Beiträge zur vergl. Anatomie des Holzkörpers. Wien 1876. H. Fischer, Beitrag zur vergleich. Anatomie des Markstrahlgewebes und der jährlichen Zuwachszonen. Flora 1885 (diagnostisch).

[3]) Ueber stockwerkartig aufgebaute Holzkörper: Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1884, 89, 1.

Tecoma speciosa etc.), es aber auch Fälle gibt, wo die Tüpfel regelmässige Schichten bilden, während die Markstrahlen unregelmässig angeordnet sind (*Sapindus senegalensis*, *Tamarindus indica*) oder umgekehrt (*Guajacum, Porliera*). Da die Enden der Cambiumzellen meisselartig zugeschärft und die obere und untere Kante derselben radial gerichtet sind, da ferner der Druck in der Rinde und daher auch im Cambium in radialer Richtung am grössten ist, so bleiben die auswachsenden Enden der Jungholzelemente meist an den Radialseiten der oben und unten angrenzenden Elemente. Man findet daher in Libriform- oder Tracheïdenmassen die schmalen Querschnitte häufig in radialen, meist mehr weniger unterbrochenen Reihen angeordnet; man findet sie daher fast nie ausserhalb oder innerhalb eines breiten Querschnittes, sondern immer seitlich davon. Das Abwechseln schmaler und breiter Radialreihen im Querschnitte muss natürlicher Weise bei Hölzern mit horizontal gereihten Elementen am deutlichsten sein. Es hängt wahrscheinlich auch mit dem Umstande zusammen, dass die Radialwände in der Cambiumregion sehr dick und weich sind, während die Tangentialwände dünn sind, so dass sich erstere fast so wie mit gelatinöser Masse erfüllte Intercellularräume verhalten, in die Enden hineinwachsen. Die besprochenen Erscheinungen wurden bei etwa 35 Gattungen aus 13 Familien beobachtet. Kein mitteleuropäisches Holz zeigt dieselben und von Hölzern aus der gemässigten Zone besitzt nur *Diospyros virginiana* horizontal gereihte Markstrahlen. Für manche Familie ist eine etagenförmige Anordnung der Markstrahlen ziemlich charakteristisch. So für die *Caesalpinieen* und *Zygophylleen*. Doch kommen oft in einer und derselben Gattung grosse Verschiedenheiten vor. So bei *Caesalpinia, Swietenia, Acacia* u. And. Ja oft zeigt dasselbe Holz stellenweise Etagenaufbau und stellenweise wieder nicht. So *Swietenia Mahagoni, Caesalpinia*-Arten u. and. Hölzer mit etagenförmigem Aufbau lassen am Tangentialschnitte schon mit freiem Auge (*Pterocarpus, Swietenia, Picrasma*) oder mit einer Loupe (*Guajacum, Porliera*) eine feine Querstreifung erkennen, die höchst gleichmässig und entweder von den Markstrahlen (fast immer), oder von diesen und den Tüpfeln (*Bocoa provacensis*), oder nur von den letzteren herrührt (*Sapindus senegalensis*)."

Gleichsam als locale Hypertrophien der Markstrahlen, wie DE BARY es nennt, treten an manchen Hölzern (normal bei *Alnus* und *Sorbus*) Anhäufungen parenchymatischer Zellen auf, die Zellgänge (J. HARTIG), Markflecke (NÖRDLINGER), Markwiederholungen (ROSSMÄSSLER).[1] Die Zellen derselben sind parenchymatisch, enthalten oft Stärke, Gerbstoff oder gebräunten Inhalt, verhalten sich also wie die Zellen eines Speichergewebes, als welches wir wohl auch diese Markstrahlflecke zu betrachten haben (HABERLANDT).

Die kleineren Markflecke verhalten sich wie locale Anschwellungen der Markstrahlen (sind also Markstrahlerweiterungen), die grösseren kann man passender, da sie mit den Markstrahlen eigentlich nichts mehr zu thun haben, auch meist gar nicht einmal gestreckt sind, als abnormes Holzparenchym bezeichnen. Diese Gruppen, Inseln und Streifen von abnormem Holzparenchym, die schon im Cambium als solche angelegt werden, sind oft der Ausgangspunkt oder alleinige Herd lysigener Harz- und Gummidrusenbildung, so beim Kirschgummi (zum Theil wenigstens), vielen Nadelhölzern (z. B. *Abies balsamea*) und wahrscheinlich auch bei *Liquidambar styraciflua* (vergl. auch S. 410 und folgd.).

Markstrahlerweiterungen, beziehentlich Markflecke finden sich bei *Betula*, *Cydonia vulgaris*, *Pirus*, *Amygdalus*, *Prunus*, *Liquidambar (Storaxbaum)*, *Abies balsamea* (Stammpflanze des Canadabalsam) u. and. Bei *Abies pectinata* und *Larix* sind es nur Markstrahlerweiterungen (KRAUS). Sie finden sich vornehmlich in den unteren Theilen der Stämme.

Abnormes Holzparenchym ist es auch, das zum Theil den eigenartigen Bau der *Senegawurzel* (s. S. 412) bedingt. Diese Parenchymgruppen als „Markstrahlen" zu bezeichnen[2] liegt kein Grund vor.

Es finden sich bisweilen im Holzkörper noch andere Elemente als die oben angeführten. So treten in ihm selbst Siebbündel [*Rad. gentianae*[3])

---

[1]) HARTIG, Forstliche Culturpflanzen; NÖRDLINGER, Holzquerschnitte; KRAUS, Bau der Nadelhölzer. Würzb. naturwiss. Zeitschr. Bd. V.

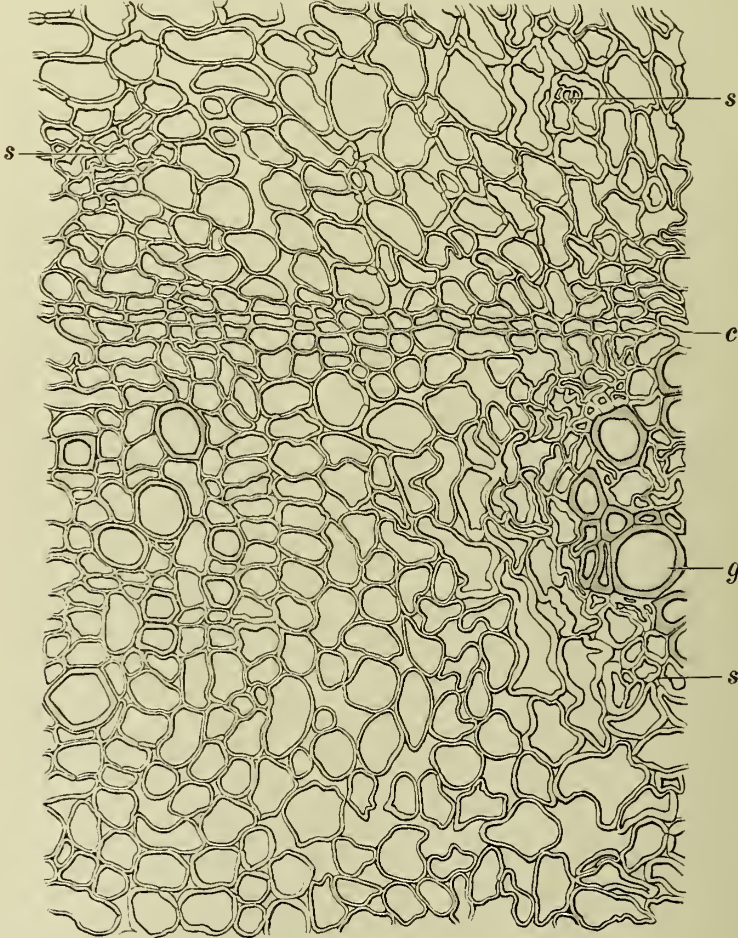
[2]) Vergl. die unten S. 412 citirten Arbeiten von A. MEYER und LINDE, sowie den anatomischen Atlas von BERG, Taf. 8.

[3]) A. MEYER, Ueber *Gentiana lutea*. Arch. d. Pharm. 1883.

(Fig. 465 *s*)] und Milchröhren *(Papayaceen)* auf und Excretbehälter, sowohl Kristallkammerfasern *(Glycyrrhiza*-Ausläufer, Fig. 401, 398) und Kristallschläuche *(Jurubebawurzel*, Fig. 463), wie schizogene Oelbehälter (Compositenwurzeln und Rhizome, Fig. 467) sind sogar häufig darin zu finden.

Der Bau des Holzkörpers der Rhizome, die ja unterirdische Stammorgane sind, gleicht dem der oberirdischen in der Anlage und weiteren Entwicklung. Bei den monocotylischen Rhizomen *(Rhiz. zingiberis, calami* etc.) und Knollen *(Tub. colchici)* finden wir daher isolirte Gefässbündel oder

Fig. 465.

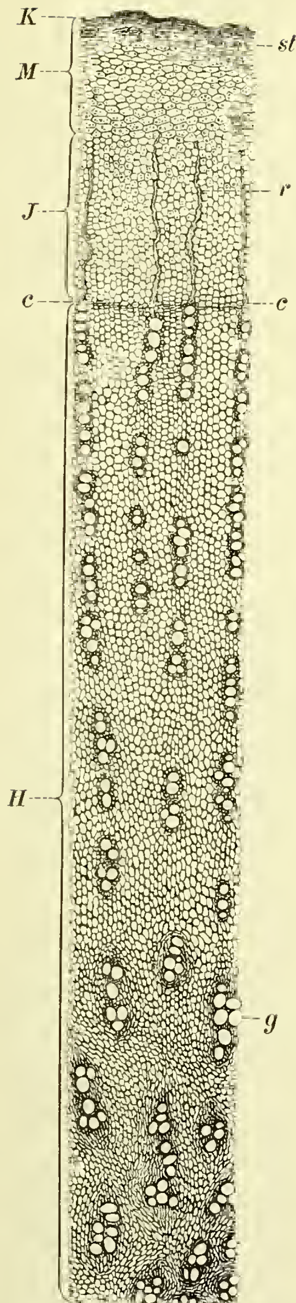


Querschnitt durch die cambiale Partie der Wurzel von *Gentiana lutea*. *c* Cambium, *s* Siebbündel, *g* Gefässe (Tschirch).

zu einem Cylinder vereinigte *(Rhiz. graminis, Sarsaparilla)*, bei den dicotylischen *(Rhiz. arnicae, Rhiz. imperator.)* einen Holzring.

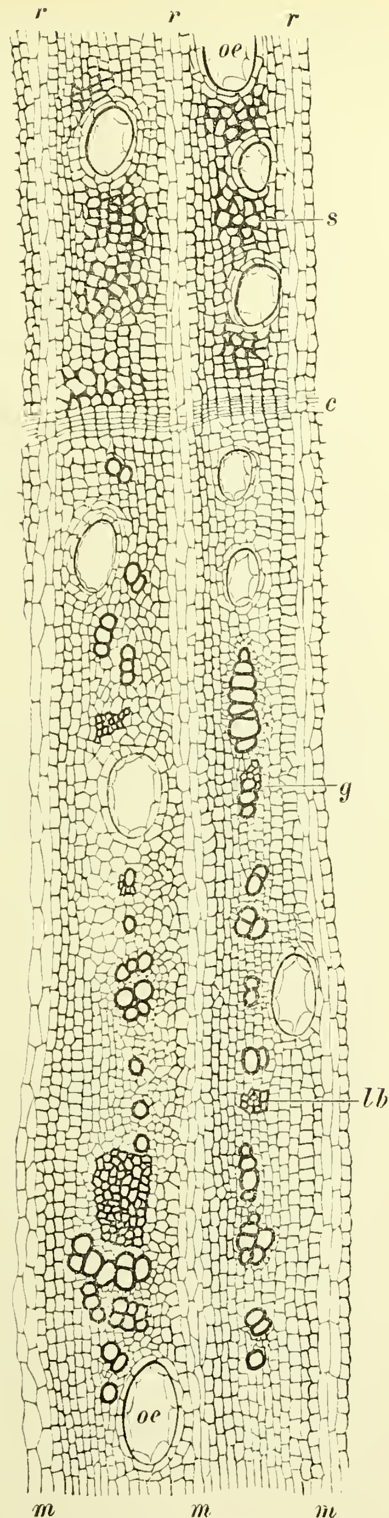
Der Holzkörper der Wurzeln der Dicotylen und Gymnospermen besitzt einen im Ganzen dem des Stammholzes ähnlichen Bau. Während nämlich die Monocotylenwurzeln dauernd radial bleibende Wurzelbündel (s. oben S. 372) aufweisen *(Rad. sarsaparillae)*, gehen die ursprünglich radialen Bündel der Wurzeln der Dicotylen und Gymnospermen, wie wir oben sahen, S. 371), schon frühzeitig in Folge des Dickenwachsthums in

Fig. 466.



Querschnitt durch *Rad. Colombo.* *K* Kork, *M* primäre, *J* secundäre Rinde, *H* Holzkörper, *c* Cambium, *r* Phloëmstrahlen durch breite Rindenstrahlen getrennt, *st* Sclereïden, *g* Gefässgruppen. Vergr. 25 (Berg).

Fig. 467.



Querschnitt durch *Rad. helenii.* *s* Siebbündel der Rinde, *r* Rindenstrahlen, *c* Cambium, *m* Markstrahlen, *g* Gefässe, *lb* Libriform, *oe* Oelbehälter (Tschirch).

collaterale über (selbst die dünnen Wurzeln von *Rad. arnicae, levistici, althaeae* zeigen schon collateralen Bau [1]) und folgen, sobald sich das Cambium zu einem Ringe geschlossen hat, ganz dem Entwicklungsgange der Bündel, der Stämme. Das Cambium erzeugt also auch hier nach Innen einen normalen Holzkörper, der von Markstrahlen durchzogen ist (Fig. 466, 467, 401). Der über den Gefässplatten des primären Bündels, also nach Aussen zu, liegende Theil des Pericambium (Pericycle) wird zum Markstrahlcambium und so durchziehen stets soviele primäre Markstrahlen den Wurzelkörper, als primäre Gefässplatten vorhanden waren, also zwei bei diarchem, drei bei triarchem (*Glycyrrhiza* Fig. 448), viele bei polyarchem Bündel. Diese primären Markstrahlen laufen also auf die primären Gefässe (das Protohadrom) zu. Doch wird diese Anordnung oft durch nachträgliche Wachsthumsverschiebungen später mehr oder weniger undeutlich. Aber auch in dem secundären Holze der Wurzeln entstehen, genau wie im Holzkörper des Stammes, secundäre Markstrahlen und der Holzkörper wird durch sie radial strahlig. Je weiter nach Aussen man kommt, um so mehr dieser secundären Markstrahlen finden sich. So waren z. B. in einer Wurzel von *Glycyrrhiza* ganz innen nur die drei primären Markstrahlen aufzufinden, etwas weiter nach Aussen ausser diesen noch 45 secundäre und am Cambium gar 90—100.

Fig. 468.



Lupenbild *a* des Rhizoms, *b* der Wurzel von *Gentiana lutea* (Tschirch).

Oft erscheinen dann die ursprünglichen Holzstrahlen nach Aussen fächerartig verbreitert. Bisweilen fehlen Markstrahlen ganz (*Rad. ipecacuanh., R. senegae*). [2]) Wo sie vorhanden sind, gleichen sie den Markstrahlen des Stammholzes ganz. Da sich der Unterschied der Wurzel- und Stammorgane im primären Bau zeigt, späterhin oft bis zur Unkenntlichkeit verwischt wird, so gleicht sich oft Stammholz und Wurzelholz vollkommen, wie Stammrinde und Wurzelrinde (*Rad. sassafras, Rad. juniperi, Rad. ratanhiae, Cort. granati radicis et truncorum*).

Durch abnorme Wachsthumserscheinungen wird bei Wurzeln oft der typische Bau modificirt. So wird z. B. durch Förderung einzelner Holzbündel der eigenthümlich gelappte Bau des Holzes der *Rad. ononidis*, durch Erzeugung abnormer Holzparenchymgruppen der zerklüftete der *Rad. senegae* erzeugt.

Die Elemente des Holzkörpers der Wurzeln sind dieselben, wie die

---

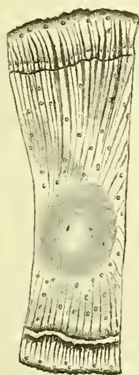
[1]) Man muss daher, um den radialen Bau der primären Wurzelbündel studiren zu können, sehr zarte Wurzeln auswählen, meist ist schon in einer 0·3 Mm. dicken Wurzel der primäre Bau durch secundäres Dickenwachsthum verändert.

[2]) Bei der *Senega* tritt an ihre Stelle abnormes Holzparenchym.

des Stammholzes, namentlich bei holzigen Wurzeln. Gefässe, Tracheïden, Libriform und Holzparenchym finden sich in der gleichen Vertheilung, auch Jahresringe treten deutlich hervor (z. B. *Rad. juniperi)*. Bei den Wurzeln krautiger Pflanzen überwiegt jedoch meist das Holzparenchym oder die Ersatzfasern und Tracheïden fehlen oder sind doch selten *(Rad. althaeae, liquiritiae, belladonnae, Pyrethri, Pimpinellae, Bardannae)*; Tracheïden finden sich bei *Rad. ipecacuanhae*, wo sie die einzigen Vertreter des trachealen Systems darstellen.

Noch einen Schritt weiter gehen die fleischigen Wurzeln (z. B. die *Rübe)* und die zu Knollen anschwellenden *(Tub. Jalapae, Rettig, Zuckerrübe, Rharbarberwurzel* [und Rhizom]), die als Reservebehälter aufzufassen sind. Bei diesen pflegt das Reservestoffe (Zucker, Inulin, Stärke) speichernde Holzparenchym derartig zu überwiegen, dass die wasserleitenden Elemente (Gefässe, Tracheïden) ganz in den Hintergrund treten. An dieser Vermehrung des Speicherparenchyms nehmen auch der Regel nach die Markstrahlen theil. Andere Wurzeln *(Taraxacum, Rubia tinctor., Angelica, Levisticum)* erreichen diese Vermehrung des Speicherparenchyms übrigens durch eine sehr viel reichlichere Ausbildung der Parenchymzellen der Rinde, gegen welche der Holzkörper in den Hintergrund tritt. Die Knollen zeigen häufig abnorme Wachsthumsverhältnisse. So entstehen z. B. oft viele secundäre, beziehentlich tertiäre Cambien im Holzparenchym bei *Tub. Jalapae*, bei *Myrrhis*, der Runkelrübe *(Beta vulgar.)* ausserhalb des Verdickungsringes (s. unten). Bei einigen dieser fleischigen Wurzeln entstehen im Holzparenchym tertiäre Gefässbündel, entweder Siebbündel oder concentrische Gefässbündel mit centralem Siebtheil *(Cochlearia Armoracia, Brassica Rapa, Raphanus, Gentiana lutea)*.

Fig. 469.



Lupenbild der *Rhiz. helenii* (Tschirch).

Bei den fleischigen Wurzeln und Wurzelknollen der Monocotylen *(Tub. Salep)* und den Knollen der Dicotylen (Kartoffel) durchziehen isolirte Bündel das stark vergrösserte Grundparenchym.

Oftmals besteht bei den knolligen Dicotylenwurzeln *(Rettig, Radieschen)*, aber auch schon bei vielen dickeren, rübenförmigen, nicht knolligen *(Scorzonera, Mohrrübe)* gar kein scharfer Unterschied zwischen Holzparenchym und Markstrahlen und man kann daher nur von Holzparenchym sprechen, da Strahlen nicht zu sehen sind. Bisweilen sind letztere nur in dem peripherischen Theile, nicht im centralen zu sehen *(Rad. belladonnae)* oder werden doch nach Innen zu undeutlich *(Rad. bardannae, gentianae*, Fig. 468, *helenii* Fig. 469). Ueberall tritt bei den fleischigen Wurzelorganen das Bestreben hervor, das Speichergewebe zu vermehren. Die Markstrahlen sind meist frei von Secretbehältern (wie die Rindenstrahlen), in den Holzstrahlen dagegen finden sich jedoch (S. 410) bei den Wurzeln nicht selten Secretbehälter *(Rad. helenii*, Fig. 467).

Im Grossen und Ganzen zeigt also der Bau des Wurzelholzes eine grössere Mannigfaltigkeit als der des Stammholzes.

Im Folgenden gebe ich eine Darstellung des Baues und der Entwicklungsgeschichte der abnorm gebauten *Rad. senegae, Tub. Jalapae, Tub. aconiti* und *Rhiz. rhei*.

Rad. senegae.

Das primäre Bündel der Wurzel ist radial diarch. Das schon frühzeitig eintretende Dickenwachsthum ist selten ein so völlig regelmässiges, dass ein genau runder Holzkörper entsteht. Meist ist es einseitig gefördert. Aber auch noch eine andere Eigenthümlichkeit tritt hier hervor, die zur Entstehung eines höchst merkwürdig gebauten Holzkörpers führt. An bestimmten Stellen bildet nämlich das Cambium nach Innen keine normalen Holzelemente — Libriform, Gefässe und Tracheïden — sondern nur, wie man gewöhnlich sagt, „abnormes“ Holzparenchym und nach Aussen nur wenige Reihen Phloëmparenchym. Diese Anomalie tritt in ihren ersten Anfängen schon in den runden Holzkörpern auf, indem einzelne circumscripte Holzparenchymgruppen, die freilich hier nur klein sind, in den sonst regelmässigen Holzkörper eingesprengt sind. Dieselben sind leicht kenntlich, wenn man den Schnitt mit Phloroglucin - Salzsäure behandelt, denn diese Holzparenchymgruppen verholzen niemals, während die Gefässe stets stark, Libriform und Tracheïden weniger und unregelmässig verholzt sind. Bei dickeren Wurzeln werden diese eingesprengten Holzparenchymgruppen grösser, erstrecken sich oft markstrahlartig fast von der Mitte [1]) nach dem Rande, ohne dass man sie jedoch als Markstrahlen betrachten kann [2]), denn sie springen oft seitlich in den Holzkörper ein und sind oftmals gar nicht scharf gegen den letzteren abgegrenzt, sondern gehen durch dünnwandige Tracheïden, die den Uebergang vermitteln, ganz allmälig in den Holzkörper über.

Bei derartigen Holzparenchymspalten und Inseln, die beim runden Holzkörper ringsum, bei dem einseitigen gewöhnlich an der dem sogenannten Kiele [3]) zugekehrten Seite auftreten, bleibt es aber nicht, vielmehr pflegt an der dem Kiele abgekehrten Seite schon bald nach dem Eintreten des secundären Dickenwachsthums die Bildung normalen Holzes ganz oder, nach Erzeugung weniger Tracheïden, auf eine mehr oder weniger grosse Strecke zu unterbleiben, so dass an dieser Stelle nur Holzparenchym liegt, welches sich also mehr oder weniger unmittelbar an die oftmals deutlich hervorspringende Gruppe der primären Gefässe anschliesst. [4]) Es kann aber auch vorkommen, dass das Cambium in einem bestimmten Streifen, an der dem Kiele abgekehrten Seite seine normale Bildungsthätigkeit behält und also nach Innen normales Holz, nach Aussen normalen Siebtheil entwickelt, so dass alsdann zwischen zwei Holzparenchympartien wieder ein normaler Holzkeil liegt und der normale Holzkörper im Querschnitt wie ein gestielter Fächer aussieht [5]) oder aber es bleibt diese normale Thätigkeit an mehreren Stellen erhalten, wobei alsdann mehrere solcher Streifen auftreten, oder endlich, das Cambium nimmt, nachdem es eine Anzahl von Holzparenchymreihen erzeugt hat, seine normale Thätigkeit wieder auf und erzeugt wiederum normales Holz. Die normalen Holzgruppen sind alsdann Innen und an den Seiten in Holzparenchym eingebettet und sind aussen von dem Cambium begrenzt. Dies sind die schon von Döbereiner beobachteten getrennten Holzbündel. [6]) Weitere Anomalien, die im Einzelnen sehr mannigfach variiren können und oftmals zu beobachten sind, lassen sich leicht aus den vorstehend entwickelten Verhältnissen ableiten.

Der erste Schritt zu dieser, wie wir sehen, sehr unregelmässigen und nur in Bezug auf die Lage des Kiels einem bestimmten Gesetze annähernd folgenden anomalen Holzparenchymbildung — sie ist an der dem Kiele abgekehrten Seite am stärksten — scheint in dem Unterbleiben der Verholzung in einzelnen Tracheïdengruppen in dem sonst normalen Holzkörper zu suchen zu sein. Dann folgt das Auftreten von wirklichen Holzparenchyminseln und Streifen und endlich umfasst die anomale Bildung $^1/_4$, $^1/_3$ oder gar die Halfte des Querschnittes des Holzkörpers.

Sehr bemerkenswerth ist es, dass das Cambium überall dort, wo es nach Innen abnormes Holzparenchym bildet, auch nach Aussen keinen normalen Siebtheil erzeugt, zu dessen Erzeugung das Cambium sonst stets, selbst an den Aussentheilen der isolirten Holzstreifen und Bündel, schreitet. Stets zeigen alle Theile des Holzkörpers und Siebtheils eine nach der Kielseite, d. h. dem Orte des stärksten Wachsthums gerichtete Ablenkung von ihrem normal

---

[1]) Bis zur Mitte, d. h. den primären Gefässen, reichen sie nur an der dem Kiel abgekehrten Seite.

[2]) Linde (Beiträge zur Anatomie der *Senegawurzel*. Inaug.-Dissertation, Rostock 1886 und Flora 1886), sowie A. Meyer (Ueber die Bedeutung des eigenthümlichen Baues der *Senegawurzel*. Arch. d. Pharm. 1887, S. 557) sprechen stets von „Markstrahlen“. Ich kann mich dieser Terminologie nicht anschliessen. Analog wie hier verläuft die Entstehung abnormen Holzparenchyms auch anderwärts.

[3]) Der Kiel liegt bei der gekrümmten Wurzel stets auf der concaven Seite, in der abgekehrten finden sich Furchen und Wülste.

[4]) Berg, Atlas, Taf. VIII, Fig. B, C.

[5]) Berg, Atlas, Taf. VIII, Fig. 26, D (Fig. E ist nicht zutreffend) und Linde, a. a. O. Fig. 13.

[6]) Vergl. Linde, a. a. O. Fig. 14.

radialen Verlauf. Da das Wachsthum an der Kielseite ein sehr viel stärkeres ist, als an der abgekehrten, so müssen starke tangentiale Spannungen eintreten. Dieselben bedingen diese Ablenkungen.[1] Ja, sie können sogar an dem Orte, wo sie ihr Maximum erreichen (am Kiel), zu Zerreissungen innerhalb der Rinde oder selbst zum Aufplatzen derselben führen und werden zweifellos auch die Furchen auf der dem Kiel abgekehrten Seite erzeugen.

Welches die Ursache dieser eigenthümlichen Anomalie des Holzkörpers ist, ist nicht bekannt A. Meyer hat sie versucht auf mechanische Vorgänge zurückzuführen — wie mir scheint jedoch ohne die Sache aufzuklären. Ich glaube nicht, dass dieser eigenartige Bau mit einer biologischen Eigenthümlichkeit der Pflanze zusammenhängt, wenigstens wissen wir von einer solchen, wie sie Meyer hypothetisch annimmt, nichts. Thatsächlich scheint auch mir z. Z. nur das Eine sichergestellt, dass durch die Anomalie das leitende und speichernde Parenchym der Wurzel vermehrt wird.[2] Es bleibt weiteren Beobachtungen an der Pflanze im lebenden Zustande vorbehalten, festzustellen, ob in der That die Entstehung des anomalen Holzkörpers auch noch von anderer Bedeutung für die Pflanze ist und nur unter gewissen Bedingungen auftritt.

Der normale Holzkörper besteht aus Gefässen, Tracheïden und Libriform. Die einzeln stehenden oder zu mehr (2—3-) gliederigen Gruppen vereinigten Gefässe des secundären Holzes haben meist eine Weite von 15—35[3]) Mik. (die des primären 5—6 Mik.) und sind behöft getüpfelt; die rundlich perforirten Querwände stehen meist schräg. Die meist kurzen, prosenchymatischen Tracheïden besitzen rundlich ovale, behöfte Tüpfel oder (seltener) Netzleistenverdickungen, die langen Libriformfasern spaltenförmige, linksschiefe Tüpfel. Im normalen Holzkörper sind deutliche Jahresringe zu erkennen.

Das abnorme Holzparenchym ist rundlich und nur an den Stellen, wo es allmälig in den normalen Holzkörper übergeht, getüpfelt.

Das Cambium ist normal gebaut und ringsum deutlich, an den abnormen Holzparenchymstreifen manchmal etwas undeutlicher. Nur an ganz vereinzelten Stellen hat es an der dem Kiel abgekehrten Seite seine Thätigkeit ganz eingestellt und ist in Holzparenchym übergegangen. Seine Thätigkeit ist auch quantitativ viel ergiebiger an den Holzstrahlen als am Holzparenchym, wo dasselbe auch auftreten möge, so dass man in der That von einem einseitig geförderten Dickenwachsthum sprechen kann. Auch an dem normalen Holze ist die Bildungsthätigkeit des Cambiums keine ganz regelmässige, oft sind auch hier einzelne Streifen gefördert, so dass die Begrenzungslinie keine gerade, sondern eine gezackte ist. Wie der Holzkörper, so ist nun auch ganz in derselben Weise der Siebtheil einseitig im Wachsthum gefördert. Nach dem oben Gesagten erreicht er also zuvörderst an den, an den normalen Holzkörper grenzenden Partien eine erhebliche Mächtigkeit, an den Holzparenchymtheilen fehlt er ganz oder ist auf einige wenige Lagen Phloëmparenchym beschränkt. So kommt es denn, dass er über dem normalen Holzkörper eine breite, im Querschnitt kegelförmige Kappe bildet, die, da das beiderseits benachbarte Rindenparenchym beim Trocknen stärker schrumpft als der kleinzelligere, derbere Siebtheil und die Rinde durch Kork an dieser Stelle oft ersetzt ist[4]), an der trockenen Droge als „Kiel“ hervortritt, der aber beim Aufweichen der Droge fast ganz verschwindet. Normalen Siebtheil finden wir also in erster Linie vor dem normalen Holzkörper an der sogenannten Kielseite. Aber auch überall dort, wo an der vom Kiel abgekehrten Seite normale Holzbündel auftreten, finden wir normalen Siebtheil. Er entspricht also in seiner Breite stets den Holzstrahlen.

Der Siebtheil besteht vorwiegend aus Phloëmparenchym. Die Zellen desselben sind im Querschnitt rundlich, in der Längsrichtung stark gestreckt, prosenchymatisch zugespitzt, wie Cambiumzellen, oder stumpfendig. Dieselben scheinen also ohne weitere Theilungen aus dem Cambium hervorzugehen. Ihre Wand zeigt nach Linde zwei zierliche, sich kreuzende Streifensysteme. Eingebettet in das Phloëmparenchym finden sich zahlreiche Siebbündel (Siebröhren und Cambiform). Nur die am Cambium liegenden leiten noch, die äusseren sind alle obliterirt und durchziehen als zierliche Keratenchymbänder[5]) das Gewebe der Rinde.

Sowohl im normalen Holzkörper, wie im normalen Holzparenchym und im normalen Siebtheil sind die Radialreihen beiderseits von der Cambiuminitialzelle meist wohl erhalten und oft auf weite Strecken gut zu verfolgen. Markstrahlen fehlen dem Holzkörper ganz[6]), ebenso wie der Rinde eigentliche Rindenstrahlen. Im Holzkörper sind freilich bisweilen schmälere Radialreihen zu sehen, allein dieselben bestehen aus normalen Tracheïden und die ganz unregelmässigen Holzparenchymstreifen und Inseln kann man nicht als Markstrahlen auffassen.

Die primäre Rinde wird frühzeitig abgeworfen.

---

[1]) Wie bei den Markstrahlenablenkungen in epi- und hyponastischen Zweigen (Schwendener).

[2]) Linde, a. a. O. S. 28.

[3]) Nach Linde bis 55 Mik.

[4]) Viele Schichten der Rindenzellen verkorken hier ihre Wand. Auch dies ist offenbar eine Einrichtung, die der starken, tangentialen Spannung an dieser Stelle begegnen soll. Wundkork war es in den mir vorliegenden Fällen nicht.

[5]) Die obliterirten Siebstränge hält Linde für dicke Membranen.

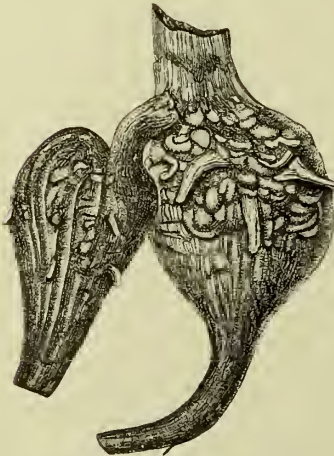
[6]) Linde spricht von „schmalen Markstrahlen“.

Die Phloëmparenchymzellen der zu äusserst liegenden Rindenpartie zeigen reichliche Theilungen, sind rundlich, meist schwach tangential, aber nicht in die Länge gestreckt und dadurch scheiden sie sich auf Längsschnitten auf's Prägnanteste von dem eigentlichen Siebtheil. Darauf ist es denn zurückzuführen, dass früher dieser äussere Ring als primäre oder Mittelrinde aufgefasst und beschrieben wurde. An der Kielseite ist der äussere Phloëmparenchymstreifen schmal oder in Kork übergeführt, an der dieser abgekehrten breiter, so dass der Gesammtumriss der Wurzel trotz der Anomalien im Dickenwachsthum doch nahezu rund bleibt.[1])

Tuber Aconiti.

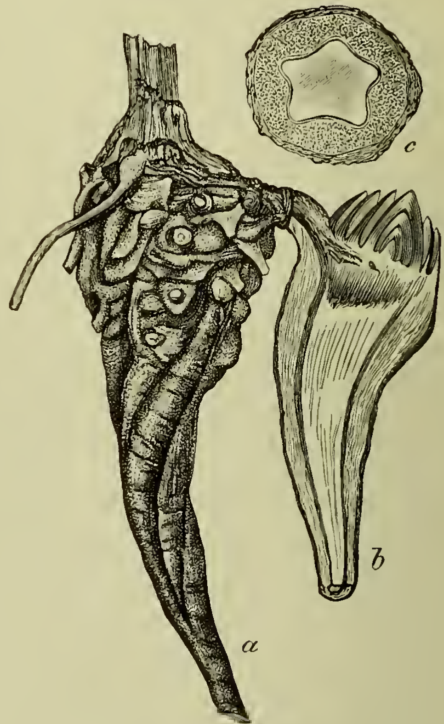
Im ersten Jahr entwickelt *Aconitum Napellus* nur ein reiches Wurzelsystem und keinen Knollen. Erst im zweiten Jahr streckt sich die Terminalknospe der nun reich bewurzelten

Fig. 470.



Aconitum variegatum L. Haupt- und Tochterknollen (Tschirch).

Fig. 471.



Aconitum Napellus L. *a* Hauptknollen mit Stengelrest. *b* Tochterknollen im Längsschnitt mit der Spitzen-Knospe. *c* Querschnitt durch den Tochterknollen (Tschirch).

Pflanze und bildet eine etwa 10 Cm. hohe Achse „mit einem grundständigen und einem stengelständigen oder einigen solchen Laubblättern. Ein, oder seltener zwei der Knöspchen in den Achseln der überwinterten, alternirenden äussersten Scheiden- oder Laubblätter der Terminalknospe vergrössern sich etwas und entwickeln zugleich aus ihrer Achse eine Adventivwurzel. Diese, und auch die Knospenachse verdicken sich und es entsteht aus dieser Vereinigung von Knospenachse und Adventivwurzel ein in den ersten Jahren der Pflanze gewöhnlich sehr regelmässiges, rüben- oder knollenförmiges Gebilde, auf dessen Gipfel die Knospe für das nächste Jahr sitzt (Fig. 471). Im Winter stirbt die Mutterpflanze ab, die junge Pflanze wird dadurch isolirt und beginnt im nächsten Frühjahr wieder mit der Entwicklung eines Laubstengels und eines Knollen.“[2]) Die Knollen von *Aconitum Napellus* sind also durch Vereinigung einer Adventivwurzel mit der Knospenachse entstandene Gebilde. Sie müssten also am kurzen, obersten Theile, dort wo

---

[1]) Im Vorstehenden habe ich meine Anschauung über den Bau der *Senega* entwickelt. Sie weicht in mehreren Punkten von der Linde's ab. Die älteren Anschauungen Berg's (Bot. Zeit. 1857, Pharmakognosie und anatomischer Atlas), Wigand's (Flora 1856 und Arch. d. Pharm. 1862), Walper's (Bot. Zeit. 1857) habe ich unberücksichtigt gelassen. Sie erledigen sich aus Vorstehendem von selbst.

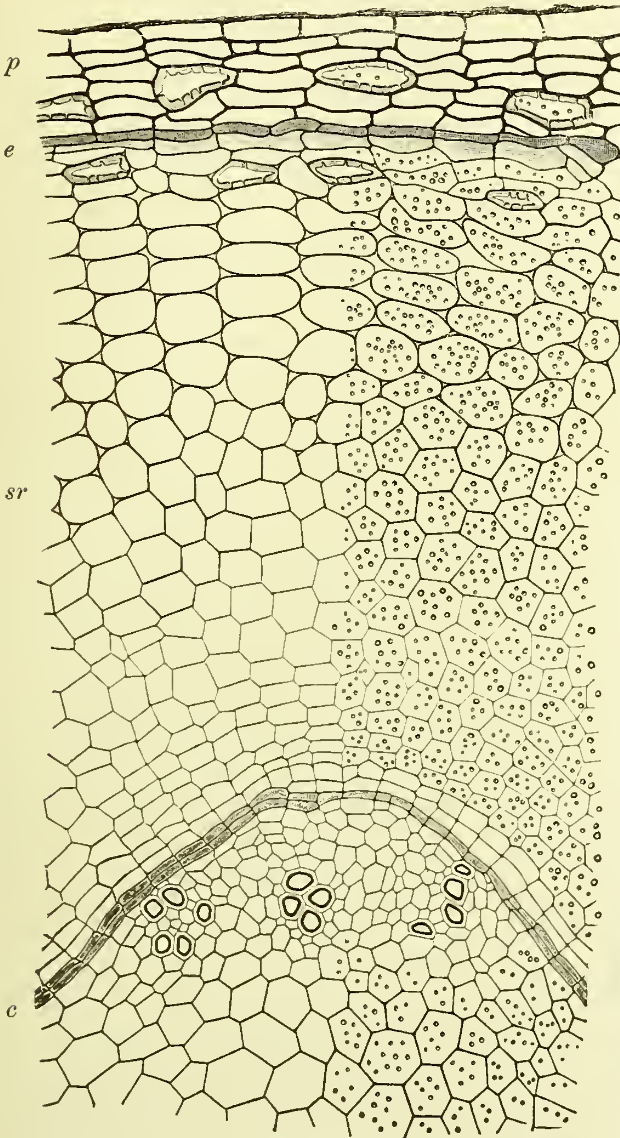
[2]) A. Meyer, Ueber *Aconitum Napellus L.* und seine wichtigsten nächsten Verwandten. Arch. d. Pharm. 1881, S. 240. In dieser Arbeit sind die morphologischen und anatomischen Verhältnisse der *Aconit*knollen in erschöpfender Weise behandelt.

die Knospe sitzt, den Bau eines Stengelorganes, am unteren den einer Wurzel zeigen, doch wird in Folge der knolligen Verdickung der Wurzelcharakter fast ganz verwischt und beide Theile zeigen gleichen Bau.

Der primäre Bau der Knollwurzel ist an den Seitenwurzeln der Knollen direct zu beobachten, da dieselben dauernd den primären Bau, wenigstens in seinen wesentlichen Zügen, beizubehalten pflegen.

Eine ganz dünne Nebenwurzel von 0·8 Millimeter Durchmesser zeigt ein radial-pentarches Bündel. Die Gefässtheile bilden 5 radial gestellte Platten, bei denen die Erstlinge aussen liegen. Mit den Gefässplatten alterniren die Siebtheilinseln. Ein Mark ist sehr deutlich entwickelt. Schon bei einer 1·6 Mm. dicken Wurzel ist geringes Dickenwachsthum eingetreten.

Fig. 472.



Querschnitt durch den Tochterknollen von *Aconitum Napellus L.* *c* Cambium, innerhalb desselben ein Holzbündel in Form eines gestreckten V, *sr* secundäre Rinde (die Siebbündel sind nicht gezeichnet!), *e* Endodermis, *p* Primäre Rinde (Tschirch).

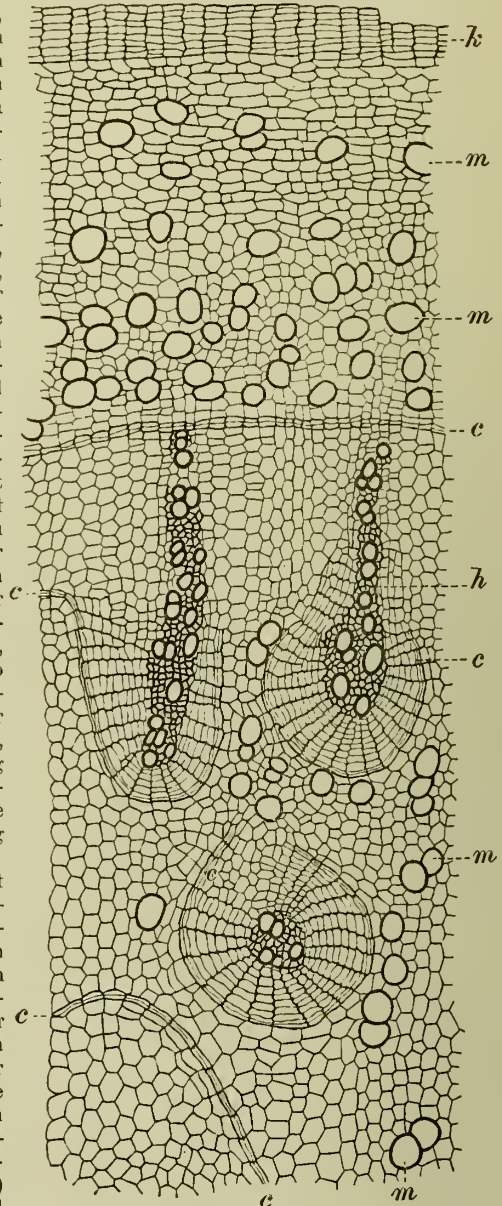
Eine solche Nebenwurzel, wie sie an der Droge oft enthalten sind, zeigt das radial pentarche Bündel noch deutlich. Die Gefässtheile sind aber dreistrahlig geworden oder bilden ein V. In dem Schnittpunkte der beiden Schenkel liegen die primären Gefässgruppen. Dies Bild ist dadurch entstanden, dass in dem Verbindungsgewebe zwischen Gefässtheil und Siebtheil, aber nur hier nicht über der primären Gefässplatte, cambiale Theilungen eingetreten sind und dies Cambium, welches also den ganzen inneren Rand des Siebtheiles umfasst, gegen die primären Gefässplatten der beiden benachbarten Bündel hin und auch (in geringerem Masse) zwischen dieselben tracheale Elemente abgeschieden hat, ohne dass der Siebtheil wesentlich vermehrt oder gar nach Aussen gedrängt wird. Die dreistrahligen Gefässplatten werden also von der centralen, primären Platte und zwei, den benachbarten beiden Siebtheilscambien entsprungenen secundären Platten gebildet. Wir haben also hier den seltenen Fall vor uns, dass das Dickenwachsthum in einem radialen Bündel eingetreten ist, ohne dass das Bündel zu einem collateralen geworden ist. Siebtheil und Holztheil bleiben neben einander liegen, um das pentarche Bündel legt sich das Pericambium und um dieses die Endodermis. Die primäre Rinde wird nicht abgeworfen, sondern bleibt erhalten und in ihr sind einzelne Zellen sclerotirt. Das Mark hat sich vergrössert. So bei den Nebenwurzeln.

Geht man nun einen Schritt weiter, so kommt man zu dem Bau des Wurzeltheils der Knollen. Bei diesen bleibt nämlich das Bündel nicht radial, sondern wird collateral und das Mark vergrössert sich stark. Diese Umwandlung, deren erste Stadien man auch an älteren Wurzeln verfolgen kann, hebt damit an, dass das Cambium sich auch über die secundären Gefässplatten (nicht über die primären) hinzieht und so den Siebtheil nach Aussen

drängt. Endlich zieht sich das Cambium auch über die primären Platten und der collaterale Bau ist nun, nachdem sich das Cambium zu einem Ringe geschlossen, vollständig geworden. Bei den Knollen wird nun dieser Bau durch einen sehr eigenthümlichen secundären Zuwachs verändert. Durch eine starke Vermehrung des Markes rücken die Bündel zunächst immer weiter auseinander, das zwischen den einzelnen, nun weit von einander getrennten, dreitheiligen Gefässgruppen liegende Cambium bildet nach Innen verhältnissmässig wenig den Markkörper vermehrendes Holzparenchym, an den Gefässgruppen über der primären Platte wenig Holzparenchym, über den secundären reichlich Gefässe. Dadurch werden die fünf Holzbündel weiter nach Aussen gerückt als die dazwischen liegenden Partien und das Cambium bildet einen wellig-fünfstrahligen Stern (Fig. 471 c), in dessen Wellenbuchten das Holzparenchym bildende, an dessen Wellenbergen das Gefässe bildende Cambium liegt.[1]) Wenn nun, wie in den dickeren Theilen des Knollens, die Vermehrung des Markes noch weiter überhand nimmt, so wird der fünfstrahlige Cambiumring flacher und die fünf Strahlen treten nur als flache Wellen hervor. Gleichzeitig rücken die beiden Seitenschenkel des Holzbündels (die secundären Gefässgruppen) immer weiter spreizend auseinander und bilden mit dem centralen primären Bündel nun nicht mehr ein V mit einander genäherten, sondern ein V mit stark spreizenden, ja bisweilen fast zu einer wenig gekrümmten Linie auseinander gezogenen Schenkeln (Fig. 472). Bisweilen kommt es nun auch vor, dass das über der primären Gefässplatte liegende Cambium nach Innen nicht Holzparenchym, sondern ebenfalls Gefässe erzeugt[2]), so dass das spreizende V durch eine Mittelplatte getheilt erscheint. Die Gefässe der Gefässplatten sind bis auf die Erstlinge, die spiralig verdickt sind, spaltenförmig behöft, getüpfelt oder (seltener) netzleistenförmig verdickt, ihre Glieder sind kurz, die Querwände quer oder mehr weniger schräg gestellt, stets rund perforirt.

Viel ergiebiger wie nach Innen ist die cambiale Thätigkeit nach Aussen. Nachdem die zwischen den primären Holzbündeln liegenden Siebbündel nach Aussen gedrängt sind, bildet das zwischen den benachbarten Holzbündeln an den Wellenthälern liegende Cambium überhaupt nur noch Phloëmparenchym. Die primären Siebbündel[3]) rücken dadurch immer mehr nach Aussen, sind aber an ihrer Lage über den Wellenthälern selbst in dicken Knollen wohl zu erkennen, obwohl sie oftmals obliteriren. Auch das über den secundären Gefässplatten (den Schenkeln des V) liegende Cambium erzeugt nicht dauernd Siebgruppen, sondern abwechselnd solche und Phloëmparenchym, so dass man, wenn man einen der Gefässschenkel in gerader Linie nach Aussen verfolgt, bei einem

Fig. 473.



Querschnitt durch die Randpartie des *Jalapen*-Knollen. *k* Kork, *m* Milchsaftzellen, *c* Cambien, zu äusserst das primäre Cambium, im Innern zahlreiche Folgecambien (Tschirch).

[1]) Die ältere Terminologie sagte daher: „Das Cambium bildet einen fünfstrahligen Stern, in dessen Ecken fünf kleine Gefässbündel liegen.“

[2]) Dies hat auch Meyer beobachtet.

[3]) Die Siebbündel sind in der Histoire des Drogues, Bd. I, S. 21, ihrer Lage nach nicht richtig gezeichnet.

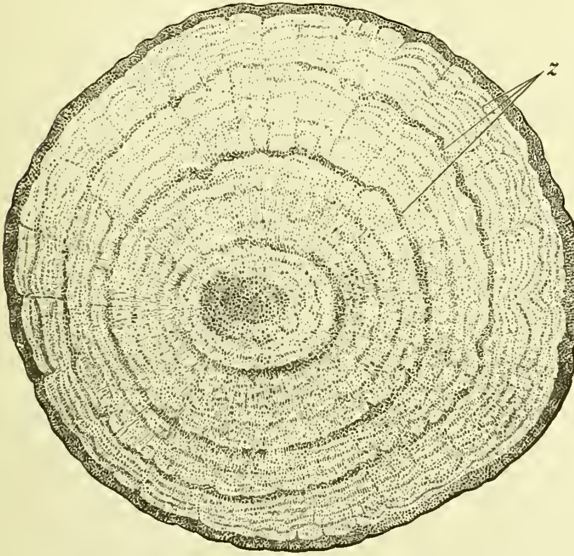
4 Mm. dickeu Knollenstück auf ein, bei einem 8 Mm. dicken Knollenstück auf zwei, bei einem 15 Mm. dicken auf 4 Siebbündel stösst, die durch Phloëmparenchym getrennt sind. Auch das Cambium über den primären Gefässplatten erzeugt bisweilen ein oder mehrere Siebbündel. Die Hauptmasse des secundären Zuwachses der Rinde besteht also aus Phloëmparenchym, in welches mehr weniger regelmässig Siebbündel eingebettet sind.

Tuber Jalapae.

Bei den Knollen der *Jalape*[1]) scheidet das primäre Cambium nach Innen zu in überwiegender Menge dünnwandiges Holzparenchym ab, das in seinem Baue mit dem Phloëmparenchym der Rinde übereinstimmt: Die Zellen sind rundlich polyëdrisch und isodiametrisch. Sie zeigen in den äusseren Partien, ebenso wie das Phloëmparenchym, eine Anordnung in radialen Reihen, so dass man die zu einer Initialzelle gehörigen Zellen auf weite Strecken verfolgen kann. In unregelmässigen Abständen von einander und ohne Beziehung zu den Siebsträngen der Rinde werden nun ausserdem vom Cambium stark radial gestreckte, keilförmige Holzbündel abgeschieden. Dieselben bestehen aus zahlreichen Gefässen, wenigen Tracheïden und grob getüpfelten Holzparenchymzellen. Die engeren Gefässe sind leiterförmig verdickt, die weiteren getüpfelt. Das ganze Bündel ist in der Droge stets in Folge der Infiltration der Wandungen durch das braune Harz gelbbraun gefärbt.

In dem Holzparenchym entstehen nun durch einfache Theilung der Holzparenchymzellen secundäre Cambiumzonen. Dieselben können zwei verschiedene Formen annehmen. Entweder wird ein zweiter, continuirlich umlaufender, also geschlossener Cambiumring, innerhalb des primären gebildet, eine Erscheinung, die sich wiederholen kann, indem innerhalb des secundären, tertiäre Cambien u. s. f. entstehen — oder es treten einzelne Cambien in gesonderten Streifen auf (Fig. 473). Dieselben können nun entweder in Beziehung zu den primären Holzbündeln treten und sich dann um die Innenseite derselben herumlegen oder aber ohne Beziehung zu den primären Holzbündeln spontan im Holzparenchym auftreten (Fig. 473 unten). Im letzteren Falle bilden sie im Querschnitte entweder gerade oder bogenförmig verlaufende Linien oder aber sie zeigen die Form geschlossener Ringe.[2]) (Besonders bei den tertiären und höheren Cambien häufig.) Immer aber scheiden die secundären Cambien, mögen sie nun als Ring oder in Form von Streifen auftreten, umgekehrt wie die primären, nach Aussen Holz- nach Innen Siebtheil ab. Dort wo das secundäre Cambium um die Innenseite des primären Holzbündels sich herumgelegt hat, wird also das letztere durch die cambiale Thätigkeit vermehrt. Tritt das Cambium in Form runder, geschlossener Cylinder auf, so wird nach der Kreismitte Holz- nach Aussen Siebtheil abgeschieden. Letzterer ist stets leicht daran kenntlich, dass er zahlreiche Milchsaftzellen enthält.[3]) Letztere sind also nicht auf die primäre Rinde beschränkt, sondern kommen auch innerhalb des primären Cambiums reichlich vor (Fig. 473 *m*).

Fig. 474.



Lupenbild eines Querschnittes durch einen Jalapenknollen. z Zonen (Berg).

Wenn man die oben auseinandergesetzten Bildungsverhältnisse berücksichtigt, so wird der scheinbar sehr unregelmässige Bau der *Jalape* verständlich.

Tritt ein geschlossenes, secundäres und innerhalb dieses ein tertiäres u. s. f. Cambium auf und verlaufen alle in concentrischen Zonen, so erscheint der Querschnitt des Knollen durchweg gezont (Fig. 474). Denn das sei hier besonders betont: die braunen, regelmässigen oder unregelmässigen Streifen, Zonen und Ringe der Droge rühren nicht von den, eine regelmässige

[1]) Vergl. bes. Schmitz, Ueber die anatomische Structur der perennirenden Convolvulaceenwurzeln. Botan. Zeit. 1875, S. 677.

[2]) Aehnliche Kreiscambien fand ich bei der *Rad. alkannae.*

[3]) Dieselben besitzen eine Weite von 25—99 (meist 45—55) Mik.

Anordnung niemals zeigenden Milchsaftzellen her, sondern von den durch Infiltration der Membranen mit Harz gefärbten Holzbündeln. Nur die innere Partie der peripherischen Rindenzone erscheint dunkel durch die dort enorm gehäuften Milchzellen (Fig. 473) und die durch diese bedingte Infiltration aller umgebenden Membranen. Der Harzsaft selbst ist in der Droge farblos.

Ist nur das secundäre und tertiäre Cambium ringsumlaufend oder doch wenigstens auf weite Strecken hin parallel dem primären entwickelt, die inneren Cambien aber unregelmässig streifen- bez. ringförmig entwickelt, so erscheint der Querschnitt der Droge in den äusseren Schichten gezont, innen unregelmässig braun gestreift oder gefleckt.

Die Kreiscambien pflegen übrigens meist in Bogenlinien zu verlaufen.

Der eigenthümliche Bau der *Jalape* ist also auf die Entstehung secundärer, tertiärer etc. Cambien innerhalb des primären Cambiums zurückzuführen.

Rhiz. Rhei.

Aehnlich wie bei der *Jalape* liegen die Verhältnisse bei *Rhiz. rhei*, auch hier kennen wir durch Schmitz[1]) partielle Cambien mit verkehrter Orientirung ihrer Zuwachsproducte.

„In den knolligen Aesten des Rhizoms von *Rh. officinale* bilden die collateralen Blattspurstränge einen normalen und durch ein normales Cambium weitergebildeten Bündelring; welcher ein mit der Stärke der Aeste an relativem Umfang zunehmendes grosses Mark umschliesst. Durch dieses verlaufen in der Jugend, in dicht übereinander stehenden, den Knoten entsprechenden Querzonen, quere Stränge, welche die Blattspurstränge miteinander verbinden und untereinander ebenfalls netzartig verbunden sind, theils durch quere Aeste, theils durch verticale, vorzugsweise in der Nähe des Holzringes verlaufende. Alle diese Verbindungsstränge sind Anfangs je ein Bündel von gestreckten Cambiformzellen und Siebröhren; sie stehen mit den Siebtheilen der Blattspurstränge in Continuität, da wo diese in's Blatt ausbiegen. Schon sehr früh tritt rings um jeden solchen Siebstrang eine Cambiumschicht auf, und diese bildet nun nach der einen Seite parenchymreiche Holzstränge, nach der anderen Seite diesen correspondirende Siebtheilstränge, beiderlei Stränge durch Markstrahlen getrennt. Und zwar schliesst die Siebtheilbildung an den ursprünglichen Siebstrang an, der Siebtheil liegt an der Innenseite des Cambiums, die Holzschicht aber an der Aussenseite. Aus diesem ausgiebig fortschreitenden Wachsthum geht ein Strang hervor, welcher bis über 1 Cm. dick wird und immer die charakteristische verkehrte Anordnung von Holz- und Siebtheil behält. Die zahlreichen, mit demselben Farbstoff wie in der Wurzel versehenen Markstrahlen geben seinem Querschnitt eine reiche, radiale Streifung. Durchschnitte dieser Art stellen die für die Rhizomstücke der officinellen Rhabarber charakteristischen „Maserbildungen" oder „Strahlenkreise"[2]) dar. Das Dickenwachsthum der Maserstränge dauert auch nach vollendetem Wachsthum des Markes fort; Folge hiervon ist theilweise Verdrängung des Markes und Verschiebung der Stränge. Das Dickenwachsthum der Stränge reicht ferner bis zu ihrer Ansatzstelle an den in's Blatt austretenden Spurstrang und dauert im letzteren Orte auch dann fort, wenn der wachsende Holzring beide Theile umschlossen hat. Die Maserstränge liegen daher sowohl im Mark als in dem (parenchymatischen) Holze; sie laufen nach ihrer ursprünglichen Anordnung und der nachträglichen Verschiebung in sehr verschiedenen Richtungen, man findet ihre strahligen Querschnitte daher sowohl auf queren als auf in anderer Richtung geführten Durchschnitten durch das Rhizom. — Die Menge der Maserstränge ist durchschnittlich um so grösser, je dicker das Rhizom. Dieselbe Erscheinung fand Schmitz am Rhizom von *Rheum Emodi*, aber nicht an dem der anderen bei uns cultivirten Arten" (de Bary).

Die Vertheilung der Gewebe im Holzkörper und der Bau seiner Elemente ist bei Stamm und Wurzeln von grosser diagnostischer Bedeutung[3]) und neben der Form und Vertheilung der Markstrahlen zur „Bestimmung" unerlässlich.

Bei der Beurtheilung der Gewebevertheilung ist wohl auseinander zu erhalten, was bei der Anordnung der Gewebselemente im Holzkörper als eine geometrische Folge des Dickenwachsthums zu betrachten ist, also von wachsthumsmechanischen Gesichtspunkten verständlich wird und was dabei von der Function der Elementarorgane beherrscht wird Wachsthumsmechanische Gründe sind es z. B., die die Anordnung der Elemente in radialen Reihen bedingen, wie man sie am schönsten in dem Holze der Coniferen findet, in dem die regelmässigen Tracheïdenreihen durch grössere

---

[1]) Botan. Zeit. 1875, S. 260.

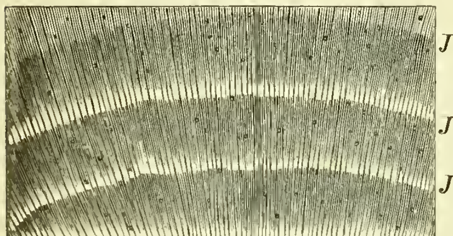
[2]) Berg, Atlas, Taf. 12.

[3]) Vergl. die Anmerkungen auf S. 337 und 339.

Gefässöffnungen nicht gestört werden (Fig. 387), aber auch fast jedes Dicotylenholz zeigt die Reihen noch mehr weniger deutlich (Fig. 478).

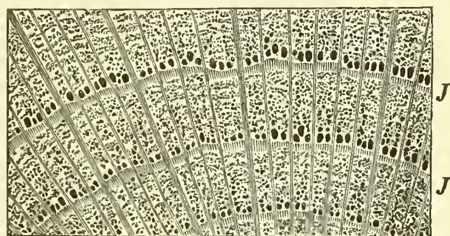
Nur aus physiologischen Gesichtspunkten verständlich ist dagegen die Vertheilung und Verbindung von Gefässen, Tracheïden, Holzparenchym, Markstrahlen und Libriform. Weder das mechanische Gewebe noch das leitende und die Theile des letzteren bilden isolirte Stränge, beide durchdringen sich vielmehr gegenseitig. In das ein Maschenwerk bildende mechanische Gerüst des Libriform sind die leitenden Gewebe eingebettet, so zwar, dass die Gefässe stets mit den Tracheïden und dem Leitparenchym (Holzparenchym und Markstrahlen), das Holzparenchym stets mit den Markstrahlen, sei es in longitudinaler oder tangentialer Richtung in Communication stehen und die Libriformstränge wenigstens in longitudinaler Richtung mit einander verbunden sind. [1])

Fig. 475.



Querschnitt durch Föhrenholz unter der Lupe.

Fig. 476.

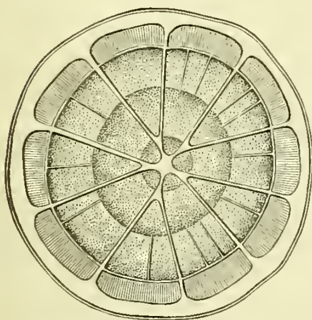


Querschnitt durch Eichenholz unter der Lupe.

J Grenze der Jahresringe.

Die Verbindung der leitenden Elemente tritt nicht nur in einer seitlichen Vereinigung derselben, sondern auch in einer besonderen Tüpfelung an den Berührungswänden in die Erscheinung. Während nämlich die leitenden und mechanischen Elemente nicht oder nur wenig durch Tüpfel verbunden sind, sind die leitenden Elemente an den gegenseitigen Berührungsflächen reich und eigenartig getüpfelt. [2])

Fig. 477.



Schematischer Querschnitt eines Dicotyledonen-Stammes. Der aus 2 Jahresringen bestehende Holzkörper ist durch die Cambiumzone von der Rinde getrennt und durch die primären und secundären Markstrahlen in keilförmige Gruppen getheilt. (Wiesner).

Das Holzparenchym durchzieht der Regel nach in tangentialen Bändern von Markstrahl zu Markstrahl reichend das Gewebe (Fig. 458). An diese Bänder legen sich alsdann meist die Gefässe an (metatracheales Parenchym Sanio's), so z. B. bei *Quercus*, *Juglans regia*, *Picrasma* u. and. Diese tangentialen Bänder können aber nicht nur zwei benachbarte Markstrahlen mit einander verbinden, sondern deren mehrere *(Lignum guajaci)* oder gar viele, so dass sie als lange, fast ringsum laufende Bänder erscheinen *(Lignum Quassiae jam.* und *surinamens.)* und Jahresringe vortäuschen können (falsche Jahresringe, s. oben S. 400).

Ein anderer Fall ist der, dass das Holzparenchym ohne tangentiale

[1]) Vergl. hierüber: Troschel, Untersuchungen über d. Mestom im Holze der dicotyl. Laubbäume. Dissertation. Berlin 1879 — Krah, Vertheilung der parenchymat. Elemente im Xylem und Phloëm der dicotyl. Laubbäume. Dissertation. Berlin 1883. — Paul Schulz, Das Markstrahlengewebe u. seine Beziehungen zu den leitenden Elementen des Holzes. Dissertation. Berlin 1882.

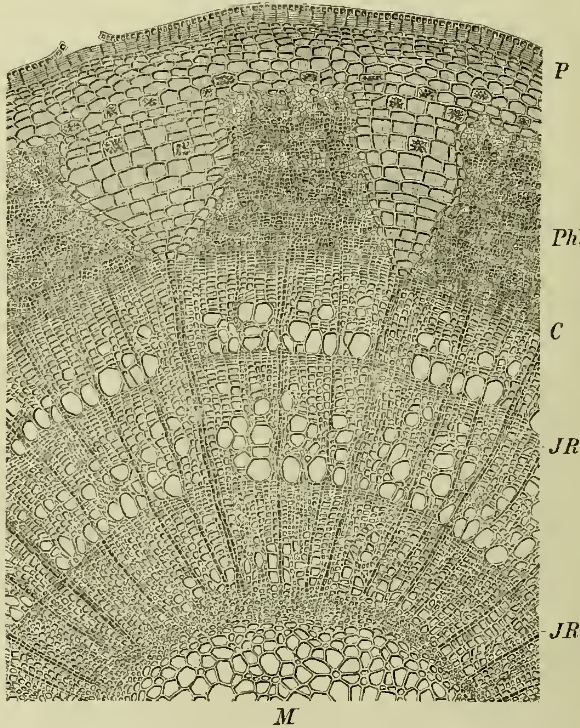
[2]) Vergl. die vorstehend citirten Arbeiten.

Bänder zu bilden, nur Gefässe und Markstrahlen mit einander verbindet (paratracheales Parenchym SANIO's). Zwischen beiden gibt es zahlreiche Uebergänge, die KRAH in ein System gebracht hat.

Durch ein zwar schmales aber reichverzweigtes intercellulares Durchlüftungssystem, in welches sogar bisweilen Tüpfel benachbarter Markstrahlzellen münden[1]) (der einzige Fall, wo Tüpfel an Intercellularen grenzen), wird der Holzkörper durchlüftet.

Einen sehr charakteristischen Bau erhält der Holzkörper durch die **Jahresringe.** Der jährliche Zuwachs markirt sich nämlich in sehr bestimmter Weise selbst für das blosse Auge oder die Lupe, so dass eine Reihe concentrischer Ringe zu Stande kommt. Diese Abgrenzung schon

Fig. 478.



Querschnitt durch einen dreijährigen Lindenzweig. *M* das Mark, *JR* Jahresringe des Holzkörpers; *C* Cambium; *Phl* secundäre Rinde; *P* Periderm (Kny).

für das blosse Auge (vergl. die Lupenbilder, Fig. 475 und 476) hat darin ihren Grund, dass Herbstholz und Frühlingsholz, zwischen denen die Jahresgrenze liegt, nicht den gleichen Bau zeigen. Entweder sind dieselben Gewebselemente des Holzkörpers im Frühjahrsholz anders gestaltet wie im Herbstholz oder die Vertheilung der Elemente des Holzkörpers ist in letzterem eine andere wie in ersterem.

Bei den *Coniferen*, wo wir den ersteren Fall beobachten, sind die Tracheïden des Frühlingsholzes im Querschnitte quadratisch, weit und nicht sehr stark verdickt, die des Herbstholzes eng, tangential abgeplattet, stark verdickt (Fig. 387). So war z. B. bei einem *Pinus*stamme (nach MOHL) der radiale Durchmesser der Tracheïden des Frühlingsholzes 3·6mal grösser,

---

[1]) RUSSOW (Zur Kenntniss d. Holzes. Bot. Centralblatt 1883) fand solche bei den Markstrahlen von *Larix, Quercus, Fagus, Ulmus, Populus.*

als der der Herbstholztracheïden, und die Wandung der letzteren war 1·6mal dicker als die der ersteren.

Bei den Laubhölzern kommt der Jahresring auf eine complicirtere Art zu Stande. Hier liegen nämlich im Frühlingsholze meist zahlreiche und weite Gefässe neben weiten Tracheïden und Leitparenchym und das Herbstholz führt keine oder fast keine Gefässe und besteht vorwiegend aus engem Libriform oder anderen engen Elementen.[1] (Fig. 478, 479.) Hier ist es also die Vertheilung der Elemente, welche das Bild des Jahresringes zu Stande bringt. Aus dem Befunde scheint hervor zu gehen, dass die Pflanze bei ihrer Wiederbelaubung im Frühjahr zuerst das Wasserleitungssystem vermehrt, um gegen den Herbst hin die mechanischen Elemente zu bilden.

Die Verkürzung des radialen Durchmessers im Herbstholz erstreckt sich meist auch auf die Markstrahlzellen. Bisweilen ist im Herbstholz auch eine Verkürzung der Länge der Elemente zu beobachten (N. J. C. Müller).

Bei den Elementen des Frühlingsholzes liegen die Tüpfel auf den Radialwänden, beim Herbstholz auch auf den tangentialen.

Der Uebergang vom Frühjahrsholz zum Herbstholz ist entweder ein ganz allmäliger *(Salix, Pomaceen, Fagus)* oder ziemlich plötzlicher *(Quercus, Fraxinus, Castanea)*, wie man namentlich in der Gefässvertheilung sieht. (Fig. 475—479.)

Deutlich ausgebildete Jahresringe werden wir vorwiegend bei den Holzpflanzen finden, die in periodischen Klimaten leben, bei denen auf eine Vegetationsperiode im Sommer eine Zeit der Vegetationsruhe folgt, wie dies z. B. unser Klima zeigt (*Tilia*, Fig. 478, *Solanum Dulcamara* Fig. 479). Bei diesen finden sie sich aber auch an Wurzeln *(Rad. ononidis)*. Schon undeutlicher werden sich die Jahresringe abgrenzen, wo, wie im Mediterrangebiet, eine heisse und trockene Periode mit einer feuchten abwechselt und ganz undeutlich wird der Jahresring des Holzes bei Pflanzen werden, die in einem das ganze Jahr nahezu gleichmässigen Klima leben, wie dies bei den Pflanzen der Tropen der Fall ist. Da jedoch auch hier die Periodicität nicht ganz aufgehoben ist, so finden wir auch bei tropischen Bäumen Jahresringe ausgebildet (z. B. bei *Lignum Quassiae, Guajaci, Campeche*), nur sehr viel undeutlicher als bei unseren einheimischen Laubhölzern *(Linde, Buche, Eiche)*, die ihr Laub im Herbst abwerfen. Während unsere heimischen *Coniferen* sehr deutliche Jahresringe zeigen *(Pinus)*, fehlen sie den tropischen *Araucarien*.

Wo bei tropischen Bäumen Ringe auftreten, ist es fraglich, ob dies Jahresringe und nicht vielmehr oftmals Semesterringe sind.

Auch der Kork (S. 272), sowie die Stipites der *Laminarien* zeigen Jahreszonen, bez. Jahrringe, die den jährlichen Zuwachs markiren.

Dass die verschiedene Ausbildung des Herbst- und Frühlingsholzes nicht von einem verschiedenen Rindendrucke in den beiden Perioden herrührt (Sachs, de Vries) hat Krabbe[2]) nachgewiesen, indem er zeigte, dass der Rindendruck das ganze Jahr nahezu derselbe bleibt.

Bei aufrechten senkrecht stehenden Stämmen und Aesten sind die Jahresringe, also die einem Jahre entsprechenden Jahreszuwachse, ringsum gleich oder nahezu gleich breit, und zwar um so breiter, je besser die Ernährungs- und Vegetationsbedingungen sind; also bei einer Buche in Deutschland breiter als bei einer solchen in Norwegen, und bei einem reichbelaubten Baume breiter als bei einem der gleichen Art, dessen Blattschmuck durch Insectenfrass oder Frost theilweise vernichtet wurde.

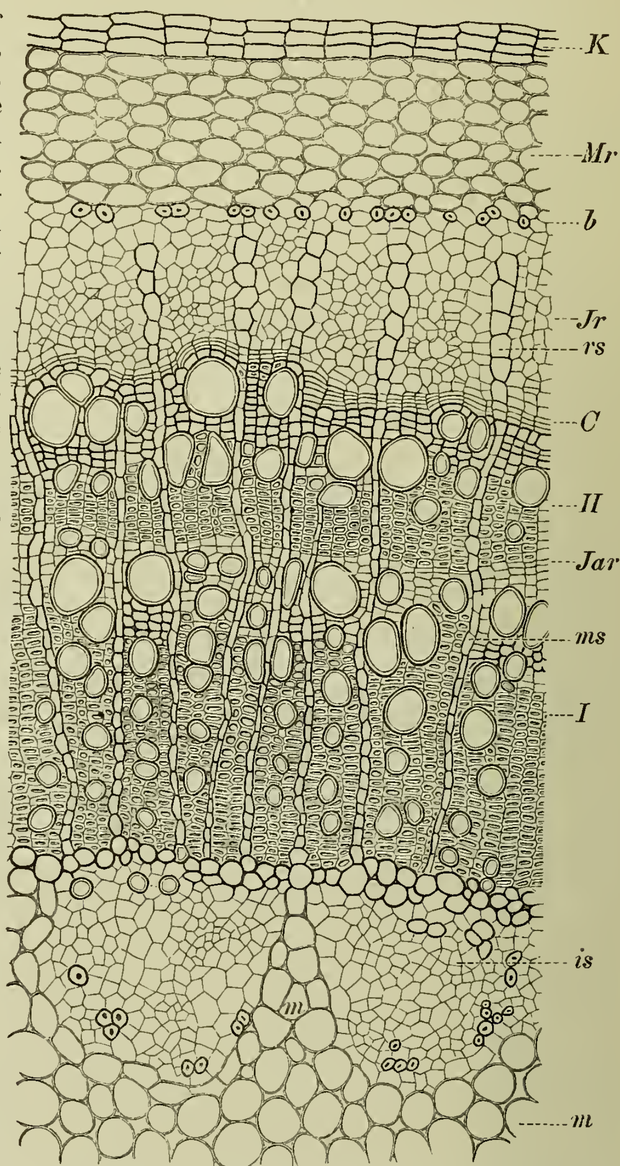
---

[1]) Abweichungen von dieser typischen Form sind häufig, laufen aber doch mehr oder weniger auf ähnliche Verhältnisse hinaus (vergl. de Bary, Anatomie, S. 517).

[2]) Ueber die Beziehungen der Rindenspannung zur Bildung der Jahresringe etc. Sitzungsber. der Berliner Akademie. 1882.

Bei wagrecht gestellten Aesten und Wurzeln pflegt eine der beiden Seiten im Wachsthum gefördert zu werden, so dass an dieser Seite die Jahresringe breiter sind als auf der anderen und das organische Centrum nicht mit dem mathematischen zusammenfällt. [1]) Für gewöhnlich ist die Oberseite die geförderte, also die Jahresringe an der Oberseite breiter als an der Unterseite (*Acer, Alnus, Corylus, Tilia, Fagus*, wie überhaupt wohl die meisten Laubhölzer), man spricht alsdann (mit C. Schimper) von Epinastie und nennt einen solchen Zweig (bez. Wurzel) einen epinastischen. Im entgegengesetzten, sehr viel selteneren Falle, wo die Unterseite die geförderte ist, spricht man von Hyponastie und nennt einen solchen Zweig einen hyponastischen. Hyponastie findet sich vornehmlich bei *Coniferen (Lignum Juniperi)*, bei *Buxus* und *Viscum*.

Fig. 479.



Querschnitt durch einen zweijährigen Zweig von *Solanum Dulcamara (Stipides Dulcamarae)*. *K* Kork. *Mr* Mittelrinde (primäre Rinde). *b* Bastzellen. *Jr* Innen- (secundäre) Rinde. *rs* Rindenstrahl. *C* Cambium. *H* Holzkörper (schematisirt), *Jar* Jahresring. (*I* erstes Jahr. *II* zweites Jahr.) *ms* Markstrahl. *is* Innerer Siebtheil. *m* Mark (Tschirch).

Kny führt diese Verschiedenheit auf eine verschieden ausgiebige Ernährung der beiden Seiten zurück, die auch in der Vertheilung des Laubes zum Ausdruck komme. Abgesehen davon, dass die letztere nicht immer mit der ungleichen Ausbildung des Holzkörpers coincidirt und nicht selten Epinastie auch bei unterseits geförderter Belaubung auftritt, so ist damit die Sache selbst noch nicht erklärt. Dass eine einseitige Förderung des Wachsthums in einer einseitig stärkeren Ernährung ihren Grund hat, ist ohne Weiteres klar, warum aber diese einseitig stärkere Ernährung stattfindet, bleibt zu eruiren.

Während bei normalen Aesten und Stämmen die Markstrahlen die Jahresringe rechtwinklig schneiden, sind sie bei hypo- und epinasti-

[1]) Wie bei Stärkekörnern mit excentrischem Kern (Kartoffelstärke).

schen Zweigen nach der Richtung des stärkeren Wachsthums abgelenkt (SCHWENDENER).

Bisweilen werden in einem Jahre zwei Jahresringe gebildet (Jahrringverdoppelung), wenn z. B. die Blätter durch Raupenfrass oder sonst wie im Frühjahr vernichtet wurden und der Baum im Sommer von Neuem ausschlägt.[1])

Der jüngste Jahresring grenzt an das Cambium, der älteste an die Markkrone, Markscheide, Corona (s. S. 396), bez. das Mark, bei den Wurzeln umfasst der älteste Jahresring die primären Holzbündel (Protohadrom), die von den secundären dauernd durch eine Lage von Verbindungsgewebe getrennt bleiben (VAN TIEGHEM). Dies gilt wenigstens für die Erstlinge der Gefässplatten, die inneren (Tüpfel-) Gefässe der primären Platten stehen bisweilen mit den gleichnamigen des secundären Holzes in unmittelbarer Verbindung *(Rad. taraxaci)*.

Meist. aber durchaus nicht immer, sind die primären Gefässe (Protohadrom) durch engere Lumina von den secundären unterschieden (s. oben S. 397 immerhin), jedoch im fertigen Stamm oder Wurzel schwer aufzufinden.

Der charakteristische Bau der Jahresringe tritt übrigens häufig erst in den späteren Ringen hervor. Die ersten zeigen oft mannigfache Eigenthümlichkeiten.

Bau, Zahl und Breite der Jahresringe, sowie mehr weniger grosse, schon mit der Lupe oder dem blossen Auge wahrnehmbare Porosität (d. h. Reichthum an grossen Gefässen) des Frühlingsholzes bilden wichtige diagnostische Anhaltspunkte zum Bestimmen der Hölzer.[2])

Nachträgliche Veränderungen sind in dem derben Holzkörper viel seltener als in der Rinde. Die Verschiebungen sind untergeordneterer Art und auch Desorganisationserscheinungen nicht gerade häufig. Die letzteren, die zur Entstehung von lysigenen Excretbehältern führen, pflegen entweder von normalem Holzparenchym, bez. Markstrahlparenchym (so bei *Styrax benzoin*, *Copaifera*) oder von im Cambium erzeugtem, abnormem Holzparenchym (Gummidrusen der *Amygdalaceen*, Harzdrusen (S. 512) auszugehen.

Die verbreitetste nachträgliche Veränderung im Holzköper ist die Kernholzbildung (Kernholzmetakrase, DE BARY[3]). Dieselbe beruht darauf, dass die ältesten Theile des Holzes aus der Leitungsbahn dadurch ausgeschaltet werden, dass die Lumina der leitenden (besonders die Gefässe), aber auch der mechanischen Elemente (Libriform), durch oftmals gefärbtes Gummi oder Harz (Kerngummi, Kernharz) verstopft und die Membranen der Zellen intensiv gefärbt werden. So kommt es denn, dass das nicht mehr leitende Kernholz[4]) in Folge der Farbstoffspeicherung im Inhalt und der Membran seiner Elemente eine andere Farbe besitzt als der leitende Theil des Holzes, der Splint (Alburnum). Während letzteres hellgeblich erscheint, ist das Kernholz (reifes Holz, Herz, Duramen) bald gelb *(Caragana, Morus)*, bald roth *(Campeche, Fernambuc)*, bald rothbraun *(Copaifera)*, bald braungrün *(Guajac)*, bald schwarz *(Diospyros Ebenum*, Ebenholz). Meist nimmt das Kernholz die Hauptmasse des Querschnittes ein und der Splint bildet nur eine schmale Randzone. Oft sind übrigens auch die inneren Splintpartien, ohne gefärbt zu sein, verstopft.

---

[1]) Vergl. bes. KNY, Sitzungsber. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg. 1880, S. 185. WILHELM, Verdoppel. d. Jahresr. Ber. d. bot. Ges. 1883.

[2]) NÖRDLINGER a. a. O.

[3]) Ueber die Kernholzbildung vergl. auch oben S. 192, ferner SANIO, PRAËL u. a. O.

[4]) Nach ROHRBACH (Zeitschr. f. Naturwiss. 1885) leitet das Kernholz im besten Falle nur minimal, meist gar nicht.

Dann und wann unterbleibt nach NÖRDLINGER [1]) die Bildung des Splintes (Splintbäume), z. B. bei der Birke, doch bleibt zu untersuchen, ob nur die Färbung unterbleibt oder auch die Verstopfung.

Das Holz der Splintbäume scheint Pilzen einen günstigeren Angriffspunkt zu bieten, als das der Kernbäume, denn erstere werden im Alter fast regelmässig kernfaul. Also auch in dieser Beziehung ist die Kernholzbildung eine dem Baume günstige Anpassung, die besonders den in dem feuchten tropischen Klima lebenden Bäumen zugute kommt.

Das Kerngummi stimmt mit dem Schutzgummi (S. 213) überein und ist sehr resistent gegen Lösungsmittel (Alkohol, Wasser, Kali). Das Auftreten der Membranfarbstoffe [2]) ist jedenfalls nur eine secundäre, bei den einzelnen Arten wechselnde, Begleitserscheinung, die mit dem Wesen der Kernholzbildung nichts zu thun zu haben scheint.

Bisweilen tritt jedoch die Infiltration der Membran in den Vordergrund, so bei der Bildung des Kienholzes bei den *Coniferen*, wo Harz die Membranen infiltrirt (vergl. S. 192). Das specifische Gewicht des Kern-, Schutz- und Splintholzes einiger Bäume ergibt sich aus folgender Tabelle:

	Specifisches Gewicht des Kernholzes	Schutzholzes	Splintholzes
Quercus pedunculata	1·604	1·130	0·946
Gleditschia triacanthos	1·574	0·657	0·202
Prunus avium	1·677	2·187	1·512
Pirus Malus	1 648	1·523	1·162
Juglans regia	1·177	1·155	1·100
Anthyllis cretica	1·607	—	1·563
Guajacum officin.	1·550	—	1·510 [3])

Selten sind Kieselausfüllungen der Elemente des Kernholzes (*Tectona grandis* [4]), Tekholz).

Sobald die Bildung des Kernholzes beginnt, verschwinden die übrigen Zellinhaltsbestandtheile, z. B. die Stärke (SANIO, GRIS).

Die Kernholzbildung beginnt bei den einzelnen Holzpflanzen sehr verschieden spät, bald sehr frühzeitig (*Copaifera* [5]), bald sehr spät oder unterbleibt ganz (*Betula*), ja selbst bei Individuen derselben Art sind Differenzen zu beobachten.[6])

Das Mark.

Nur bei den Dicotylen- und Gymnospermenstammorganen und einigen Wurzeln finden wir ein Mark in dem oben (S. 383) definirten Sinne, nicht bei den Monocotylenstengeln. Es liegt stets im Centrum und wird rings vom Holzkörper umgeben. Immerhin wird man bei den Monocotylenwurzeln und Rhizomen, bei denen die Bündel zu einem Kreise angeordnet sind (*Rad. sarsaparillae*, *Rhiz. graminis*, *Veratrum*wurzel und Rhizom), das von diesen umschlossene centrale Parenchym, der Einfachheit wegen, Mark nennen (Monocotylenstengeln fehlt auch dieses). Das Mark im engeren Sinne geht stets gemeinsam mit dem Gefässbündelcylinder oder Strang aus dem Plerom hervor. Bei den Stengelorganen wird also schon Mark stets in der primären Anlage vorhanden sein (*Glycyrrhiza*, Fig 457). Bei den markführenden Wurzeln kann dies der Fall sein oder aber es entsteht durch nachträgliche Theilungen von primären Holzparenchymzellen (*Glycyrrhiza*, Fig. 428 *m*). Daraus geht

---

[1]) Technische Eigenschaften der Hölzer, S. 28.

[2]) Vergl. auch WIESNER, Rohstoffe.

[3]) Vergl. TEMME, Ueber Schutz- und Kernholz. Landwirthsch. Jahrb. 1885, S. 476.

[4]) Vergl. bes. GRIS, Compt. rend. 1866. DUHAMEL, Physique des arbres. I. NÖRDLINGER u. And.

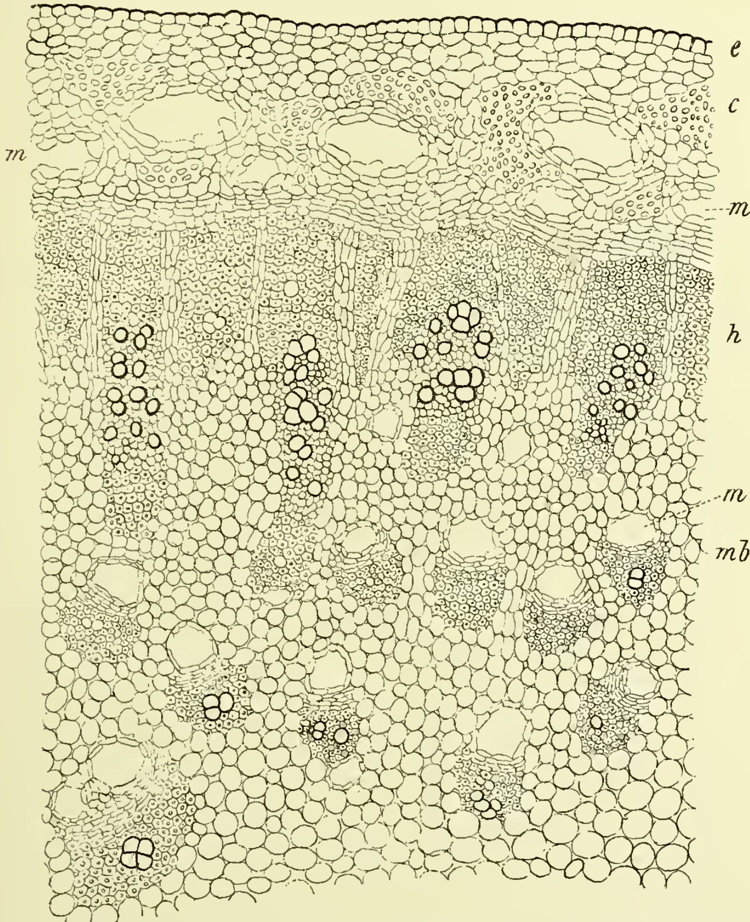
[5]) TSCHIRCH, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1888.

[6]) CRÜGER, Bot. Zeit. 1857.

hervor, dass das Mark der Stengelorgane stets primären, das der Wurzeln primären oder secundären Ursprunges ist. Uebrigens fehlt wohl den meisten Wurzeln Mark ganz *(Rad. angelicae, levistici, ratanhiae, sassafras, ononidis, ipecacuanh., taraxaci, senegae, pimpinellae, pyrethri, helenii, colombo, althaeae* [1]) oder es tritt an seine Stelle ein centraler Libriformstrang *(Rad. serpentariae arnicae,* Fig. 430).

Durch nachträgliche Theilungen wird der Markkörper oftmals vermehrt und vergrössert.

Fig. 480.



Querschnitt durch die Randpartie eines Stengels von *Ferula galbaniflua Boissier et Buhse.* *e* Epidermis. *c* Collenchym. *m* schizogene Milchsaftbehälter. *h* Gefässbündelcylinder. Die einzelnen Bündel in starken Libriformpanzern. *mb* Markständige Gefässbündel (Tschirch).

Die Zellen des Markes sind für gewöhnlich Leitparenchym, also dünnwandig und meist mit einfachen, rundlich-ovalen Tüpfeln versehen. Zur Vegetationszeit führen sie gelöste Kohlehydrate, oft Zucker, zur Zeit der Vegetationsruhe meist Stärke in grosser Menge. Also auch hier findet ein Functionswechsel statt.

Nicht selten werden die Markzellen dickwandig, behalten aber im übrigen ihre rundlich-parenchymatische Gestalt.

---

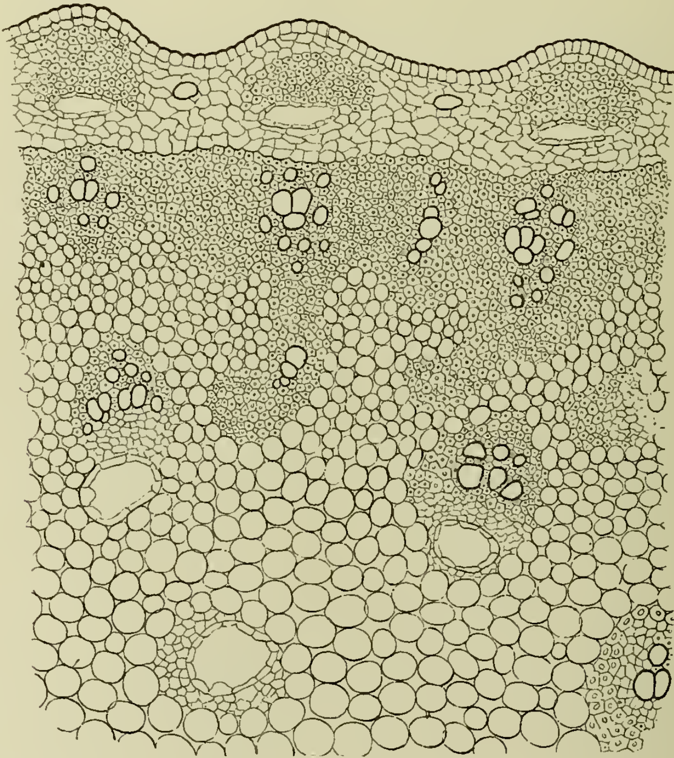
[1]) Vergl. Berg, Atlas, Taf. 5—17.

Nachträgliche Veränderungen sind im Marke häufig, besonders ein Absterben wird oft beobachtet.

Ein solches führt naturgemäss zur Entstehung einer centralen Höhle (Markhöhle, Marklücke), die rings von abgestorbenen Zellen begrenzt ist. Dabei bleibt entweder eine Randschicht des Markes vollkommen normal erhalten (hohle krautige Stengel: *Conium maculatum*) oder das gesammte Mark stirbt ab (Holzpflanzen).

Diese Markhöhlenbildung kann der betreffenden Art eigenthümlich sein und verwandten Arten fehlen, dabei schon frühzeitig auftreten, also keine eigentliche Desorganisationserscheinung sein, oder aber bei derselben Art erst in einem späteren Alter sich einstellen und den Charakter einer Desorganisation tragen (Laubbäume).

Fig. 481.



Querschnitt durch eine Blüthenstandsaxe von *Opoponax orientale* (Tschirch).

Wie das Absterben vor sich geht, bleibt zu untersuchen, jedenfalls werden auch die Membranen dabei zerstört. Bei den Harzpflanzen ist die Marklücke oft mit Excreten erfüllt.[1]) Bisweilen treten im Marke Gefässbündel auf, sogenannte markständige Bündel (*Umbelliferen*, Fig. 480, 481).

Kassner[2]) gibt bezüglich des Markes einer Anzahl von Holzpflanzen folgende Uebersicht.

1. Das Mark der meisten Holzpflanzen ist verholzt und sind seine Zellen bei fortdauernder Lebensthätigkeit oft stark verdickt und in ihrer Form beständig.

2. Im Marke vieler Holzpflanzen kommen neben anderen auch Kristallzellen mit Calkoxalat vor, welche sich durch besondere Eigenschaften auszeichnen.

---

[1]) Vergl. auch Fritsch, Ueber die Marklücke der Coniferen. Königsb. phys. ökonom. Ges. 1885. Caspary, Krummfichte, ebenda 1874.

[2]) Ueber das Mark einiger Holzpflanzen. Dissertation. Breslau 1884.

a) Die Kristallzellen theilen sich in zeitiger Jugend durch Bildung von Querwänden und Langswänden *(Pterocarya, Quercus).*
b) Bei der Streckung der Internodien zeigen sie vielfach die Fähigkeit grösser zu werden als alle anderen Zellen *(Ribes, Ledum).*
c) Die Kristallzellen verlieren ihren plasmatischen Inhalt früher und sterben eher ab als die übrigen Zellen des Markgewebes *(Evonymus).*
d) Die Wände der Kristallzellen vieler Holzpflanzen, selbst solcher mit verholztem Mark bestehen aus Cellulose, bleiben dünn und verholzen niemals *(Ledum, Ribes, Lonicera, Alnus, Evonymus).*
e) Dies ist der Grund, dass die Zellen, wenn sie ihren Inhalt verloren haben, oftmals zusammenfallen und Lücken im Gewebe bilden.

3. Das Mark einzelner Holzpflanzen besteht während seiner ganzen Lebensdauer aus dünner und weicher Cellulose *(Ribes, Evonymus, Ampelopsis, Lycium, Solanum Dulcamara).*
4. In Folge der besonderen Beschaffenheit seiner Zellmembranen ist das Mark dieser Pflanzen im Laufe der Zeit noch Veränderungen unterworfen. Diese bestehen:
   a) in noch ferner stattfindenden Theilungen,
   b) in mitunter eintretendem weiterem Flächenwachsthum seiner Zellen,
   c) im Zusammenfall des Gewebes und Einstellung der Lebensthätigkeit.

Secundäres Dickenwachsthum bei Monocotylen.

Wie oben (S. 379) auseinandergesetzt wurde, zeigen die Monocotylen kein secundäres Dickenwachsthum, da ihren Bündeln das Cambium fehlt. Eine Ausnahme machen die baumartigen Monocotylen, die zu den *Liliaceen* gehören *(Aloë, Yucca, Dracaena)*, sowie der *Dioscoreen*-Knollen *(Batate).*

Bei *Aloë* und *Yucca* wird ein Verdickungsring schon am Stammscheitel angelegt, bei *Dracaena* differenzirt er sich erst späterhin aus den innersten Parenchymzelllagen der Rinde; in beiden Fällen functionirt er ähnlich, wie ein normaler Cambiumring. Dass gerade die Drachenblutbäume, entgegen den sonst bei Monocotylen beobachteten Fällen, eine sehr grosse Dicke erreichen können, ist bekannt.

Das Durchlüftungssystem.

Wie die Pflanze mit Hilfe der Wurzelhaare (s. S. 309) in Beziehung zu den Bodenbestandtheilen tritt, behufs Aufnahme ihrer unorganischen Nahrung und des Wassers, so tritt sie an ihren oberirdischen Organen mit der Atmosphäre in Beziehung, um aus ihr einmal die zur Ernährung speciell der Assimilation (s. S. 314) nothwendige Kohlensäure und den zur Athmung erforderlichen Sauerstoff zu entnehmen und an sie das überschüssige Wasser in Dampfform abzugeben. Da es sich bei dieser Wechselwirkung um Gase handelt, so spricht man von einem Gaswechsel oder Gasaustausch der Pflanze. Derselbe erfolgt bei den Blättern, den wichtigsten Organen des Gaswechsels, durch die Epidermis selbst hindurch, mit oder ohne Vermittlung besonderer Ausführungscanäle, der Spaltöffnungen, an den Stammorganen mit Korkhülle durch die Lenticellen. Um den Gasaustausch thunlichst ausgiebig zu gestalten, beschränkt ihn jedoch die Pflanze nicht auf die natürliche Oberfläche ihrer Organe, sondern vergrössert diese Fläche noch dadurch, dass sie im Innern ihres Körpers zahlreiche Hohlräume zwischen den Zellen schafft, die Intercellular- oder Zwischenzellräume (S. 230), welche, da sie mit den Ausführungscanälen, den Spaltöffnungen und Lenticellen in directer Communication stehen, einen regeren Gasaustausch — Aufnahme von Kohlensäure und Ausathmung von Sauerstoff und Wasserdampf — oder wie man zu sagen pflegt, eine ausgiebigere Durchlüftung, ermöglichen, als dies sonst möglich

wäre. (Princip der Oberflächenvergrösserung.) Jede an einen Intercellularraum grenzende Zelle grenzt also gewissermassen an die Atmosphäre.

Das Durchlüftungssystem besteht demnach aus den Intercellularräumen und den Ausführungscanälen derselben.

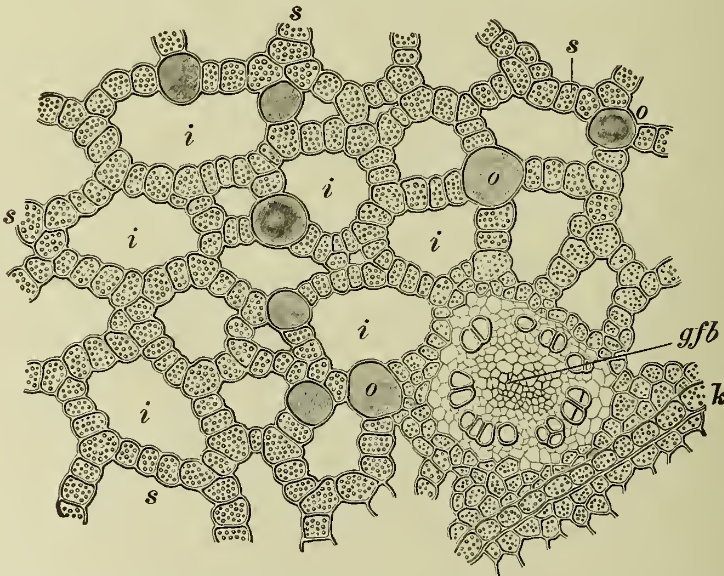
Fig. 482.



Durchlüftetes Parenchym aus der Samenschale des *Cacao* von der Fläche gesehen (Tschirch).

Die **Intercellularräume** sind überall im Pflanzenkörper zu finden, nur der Epidermis fehlen sie natürlich regelmässig und auch im Endosperm beobachtet man sie niemals. Mir ist wenigstens kein Fall bekannt, wo sie hier auftreten. Auch die Meristeme sind arm an Intercellularen. Sie bilden entweder schmale, längs den abgerundeten Zellkanten oft auf weite Strecken in der Längsrichtung des Organes verlaufende Canäle (Grundparenchym des *Mais*stengels, Fig. 403, Mark der *Sarsaparilla*wurzel, Fig. 432) und besitzen alsdann meist einen drei- oder viereckigen Querschnitt, oder sie bilden schmale Längsspalten (im Palissadengewebe der Blätter, Fig. 357), oder unregelmässige Lücken (im Merenchym der Blätter, Fig. 486 *mer*) und in vielen Samen- und Fruchtschalen, Fig. 350, 351, 482, 484), oder weite

Fig. 483.



Querschnitt durch einen Theil des Rhizoms von *Acorus Calamus L.* an der Endodermis *(k)*. *s* stärkeführendes Parenchym, *i* Intercellularräume, *o* Oelzellen, *gfb* Gefässbündel. Vergr. 110 (Tschirch).

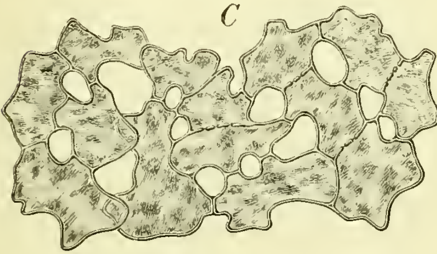
Höhlen (bei zahlreichen Sumpf- und Wasserpflanzen (*Rhiz. calami*, Fig. 483). Auch im Gewebe der Gallen, die pathologischen Eingriffen ihre Entstehuug verdanken, finden sie sich.

Da sie in der lebenden Pflanze ausser Wasserdampf vorwiegend Luft enthalten, so erscheinen sie, wenn man den Schnitt in dickem Glycerin betrachtet, mit schwarzen Rändern versehen. Legt man das Präparat in Wasser, so dringt dasselbe in die weiteren sofort, in die engeren nach und nach ein und verdrängt die Luft, und nur die engsten halten die Luft lange Zeit zurück; verwendet man jedoch Alkohol als Einlegemittel, so vertreibt dieser die Luft aus den Intercellularcanälen fast momentan und setzt sich an ihre Stelle. Da lufthaltige Intercellularen die Klarheit des Bildes sehr stören, so kann man sich also das Bild deutlicher machen, wenn man den Schnitt vor der Beobachtung in Alkohol legt oder — wenn dies unthunlich ist — die Luft unter der Pumpe entfernt.

Wie mit den Ausführungscanälen so communiciren die Intercellularen auch unter sich und bilden also ein inneres, reichverzweigtes Netz luftführender Canäle.

Die Intercellularräume entstehen für gewöhnlich durch Auseinanderweichen der Zellen, also schizogen (so in den Blättern), seltener lysigen, d. h. durch Auflösung oder Zerreissen von Zellmembranen (centrale Markhöhle). Bei der schizogenen Genese muss die Intercellularsubstanz (primäre Membran) entweder aufgelöst werden oder eine Spaltung in zwei Lamellen erleiden. So auffallend dies gerade bei der primären Membran, die, wie die Beobachtung lehrt, ein homogenes Häutchen darstellt (s. S. 188), ist, so scheinen doch die häufig zu beobachtenden Auskleidungen der Intercellularen mit einer Substanz, die in ihren Reactionen mit der Intercellularsubstanz übereinstimmt (SCHENCK), darauf zu deuten, dass in der That eine solche Spaltung stattfindet.

Fig. 484.



Fruchtschale der Eichel. *C* Das Schwammparenchym. Vergr. 160 (Möller).

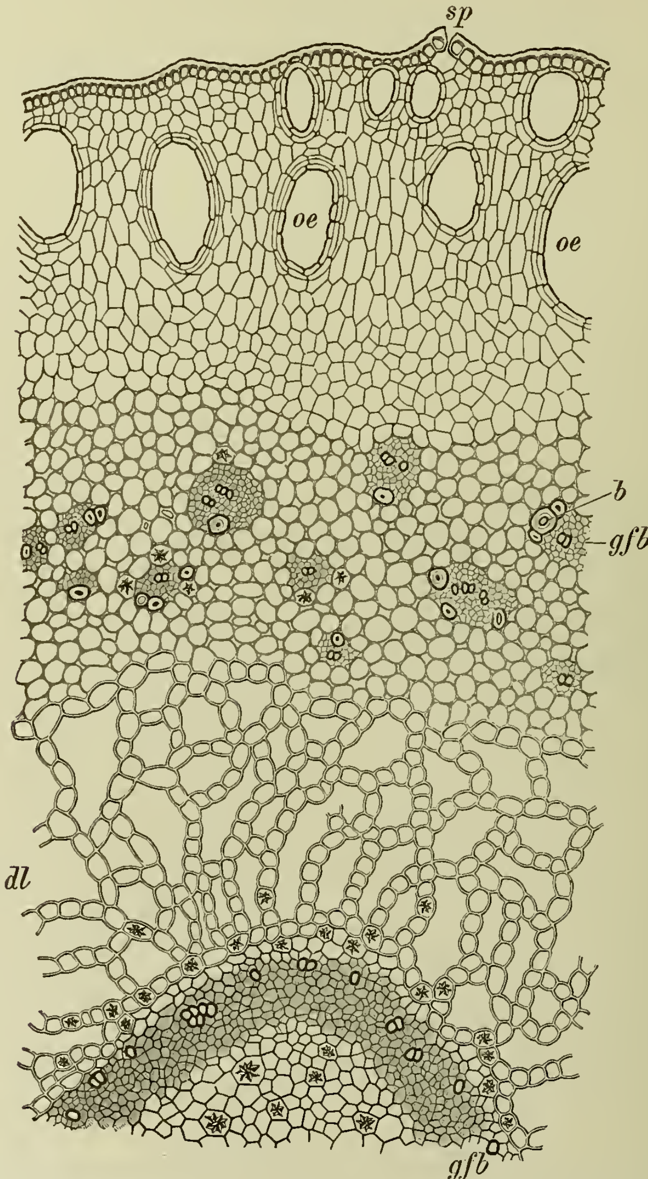
Am reichlichsten sind natürlich die transpirirenden Organe, die Blätter, und speciell die vornehmlich Spaltöffnungen tragende Blattunterseite mit Intercellularen ausgerüstet *(Fol. menth. pip.*, Fig. 313*)*, aber auch die Rinde ist reich daran, besonders die Mittelrinde. Intercellularen finden sich jedoch auch im Holzkörper (Fig. 388), in den Ecken der Zellen, im Mark (Fig. 432), z. B. der Rhizome (*Rhiz. imperatoriae*, Fig. 582), in den Samenschalen (Fig. 482), Cotyledonen und der Fruchtschale. So ist z. B. die sogenannte Trägerzellschicht der Samenschale (Fig. 350, 351) reich durchlüftet, der Centralstrang des Nelkenhypanthiums wird von einem reichdurchlüfteten Gewebe umgeben (Fig. 485), und in der Schwammschicht der Pomeranzenfruchtschale finden sich so grosse luftführende Intercellularen [1]), dass dieselbe dadurch ein weisses Aussehen erhält, wie der Fruchtträger zahlreicher Pilze *(Fung. laricis)*. Bei weitem die meisten Blüthenblätter (Blätter der Corolle) sind dreischichtig und bestehen aus einer oberen und unteren, oft farbstoffführenden Epidermis und einer der Regel nach reichdurchlüfteten Mittelschicht (Mesophyll), *(Flor. Kusso, Chamomillae, Lavendulae, Malvae, Rhoeados)*. Auch das Hypanthium ist oft sehr lückig *(Flor. chamomillae rom.)*.

Durch grosse Intercellularen ausgezeichnet sind besonders alle Sumpf- und Wasserpflanzen, bei diesen erreichen sie ihre grösste Mächtig-

[1]) BERG, Atlas, Taf. 45, Fig. 119 *E*.

keit. Sowohl in den unterirdischen Organen dieser Pflanzen (Rhizom der *Nymphaea*, *Rhiz. caricis*, Fig. 431, *Rhiz. calami*, Fig. 483), hier den gesammten Gaswechsel vermittelnd, als auch in Stengel und Blatt *(Fol. trifolii fibrini*, Fig. 404), finden sich mächtige Lufträume und tritt z. B. bei der

Fig. 485.



Querschnitt durch das Hypanthium der Gewürznelke (*Eugenia Caryophyllus*). *sp* Spaltöffnung, *oe* schizogene Oelbehälter, *gfb* Gefässbündel in der äusseren Schicht mit einzelnen Bastzellen, *dl* durchlüftete Partie (Tschirch).

Gattung *Carex* sehr schön die Anpassung der Pflanze an den Standort dadurch hervor, dass die sumpf- und wasserbewohnenden Arten sehr weite, die auf Sandboden wachsenden enge Canäle besitzen; zwischen beiden finden sich je nach Standort alle Uebergänge. Die auf feuchtem Boden vorkommende *Tussilago Farfara* und auch *Cephaëlis* haben ein reichdurchlüftetes Blatt.

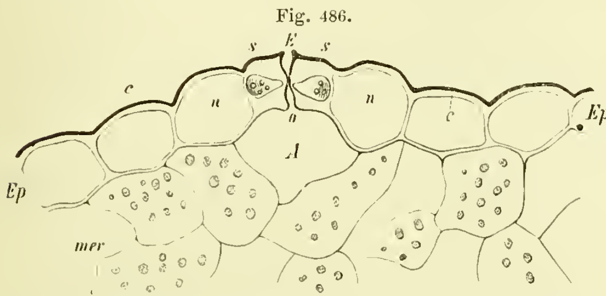
Ueberhaupt tritt in der Ausbildung der Intercellularen eine sehr bestimmte Beziehung zu Klima und Standort hervor [1], indem Pflanzen trockener Klimate und Standorte enge, solche feuchter, weite Intercellularen besitzen.

Von den Ausführungscanälen des Durchlüftungssystems besitzen die Spaltöffnungen die weiteste Verbreitung und grösste Bedeutung. Beschränkter in ihrem Vorkommen sind die Lenticellen.

Die **Spaltöffnungen** [2], stoma (stomata [3]), Poren (Porus [4]), Stomatia [5]), sind Bildungen der Epidermis, entstehen also stets in dieser. Sie werden von zwei Schliesszellen (Porenzellen, Mohl, Spaltöffnungszellen, Fig. 486 *s*) gebildet, die eine Spalte zwischen sich lassen, welche in einen mehr oder weniger weiten, innerhalb des Blattes liegenden Raum, die Athemhöhle (Fig. 486 *A*) mündet.

Von der Fläche gesehen ist der Umriss der beiden Schliesszellen, die den „Spaltöffnungsapparat" im engeren Sinne bilden, rundlich-oval oder (meistens) breit elliptisch, im Grossen und Ganzen bei allen Pflanzen ziemlich übereinstimmend, doch im Einzelnen mannigfach variirend. Bei den *Gramineen* sind sie z. B. in der Längsrichtung des Organes gestreckt. Jede der Schliesszellen besitzt gewöhnlich eine halbmondförmige Gestalt (Fig. 486—500), an den Enden sind sie mit einander verwachsen und mit dieser und der convex gekrümmten äusseren Seite den benachbarten Zellen der Epidermis, den sogenannten Nebenzellen (Nebenporenzellen, Hilfsporenzellen, Cellulae laterales Fig. 486 *n*) des Spaltöffnungsapparates lückenlos angefügt. Die concaven inneren Seiten sind gegeneinander gerichtet und begrenzen in mittlerer Höhe der Spaltöffnung die Centralspalte (Spaltendurchgang, de Bary, eigentliche Spaltöffnung, Mohl). An dieser ist die Spalte am engsten, die Schliesszelle am breitesten. Viel mannigfacher als die Flächenansicht ist der mediane Querschnitt der Schliesszellen. Derselbe ist bald rundlich, bald mehr oder weniger viereckig mit stumpfen Ecken oder unregelmässig (Fig. 131, 357—359, 365—370, 486). Diese Unregelmässigkeiten werden vorwiegend von einer sehr mannigfaltigen Ausbildung der äusseren Leiste, weniger von der der inneren

Fig. 486.



Querschnitt durch die Blattunterseite von *Mentha piperata* mit einer Spaltöffnung. *Ep* Epidermis, *n* Nebenzellen, *s* Schliesszellen, *E* Eisodialöffnung, *o* Opisthialöffnung des Vor-, bez. Hinterhofes, *A* Athemhöhle, *c* Cuticula, *mer* Merenchym (Tschirch).

---

[1]) Tschirch, Ueber einige Beziehungen von Klima und Standort etc. Linnaea. IX. — Haberlandt, Anatomie, S. 298. — Areschoug, Einfluss des Klimas auf die Organisation der Pflanze etc. Botan. Jahrb. II. B., 1882.

[2]) Von Sprengel (Anleitung zur Kenntniss der Gewächse) eingeführter Name. Die Literatur über die Spaltöffnungen ist umfangreich. Es beschäftigten sich mit denselben A. Weiss, Pringsheim's Jahrb., IV, Strasburger, Pringsheim's Jahrb., V, Mohl, Verm. Schriften und Botan. Ztg. 1856, Kraus, Pringsheim's Jahrb., IV, Sanio, Linnaea, 1857/58, Pfitzer, Pringsheim's Jahrb., VII, Hildebrandt, Botan. Ztg. 1860 und 1866 u. Verf. Die einschlägige Literatur ist citirt in Tschirch, Ueber einige Beziehungen des anatomischen Baues der Assimilationsorgane zu Klima etc. Linnaea. IX, Heft 3 u. 4, und in de Bary's und Haberlandt's Anatomie. Neuere Publicationen sind Mahlert, Beitr. z. Kenntn. d. Anat. d. Coniferenlaubblätter. Bot. Centralbl. 1885, S. 54; Wilhelm, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1883.

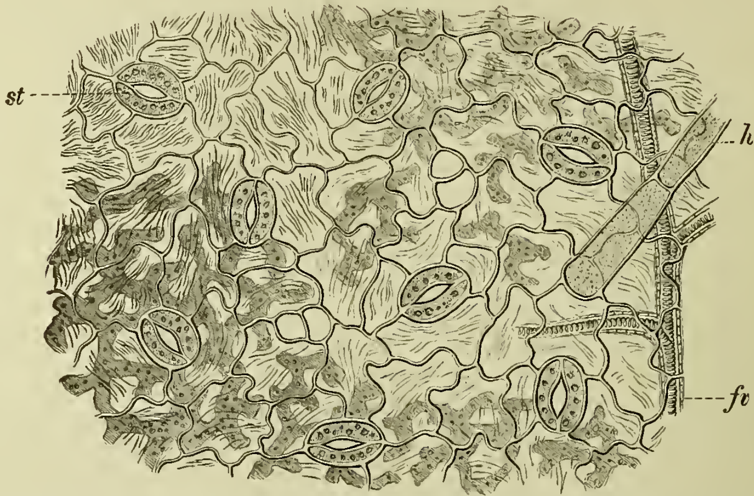
[3]) Von de Candolle (Organographie, I, S. 78) eingeführter Name.

[4]) Von Hedwig und Rudolphi eingeführter Name.

[5]) Von Link (Grundlehren, S. 108) eingeführter Name (Link und Meyen nannten sie auch Hautdrüsen).

bedingt, die ich, da sie ausnahmslos entweder von der Cuticula allein oder von dieser und Cuticularschichten gebildet werden, als Cuticularleisten be-

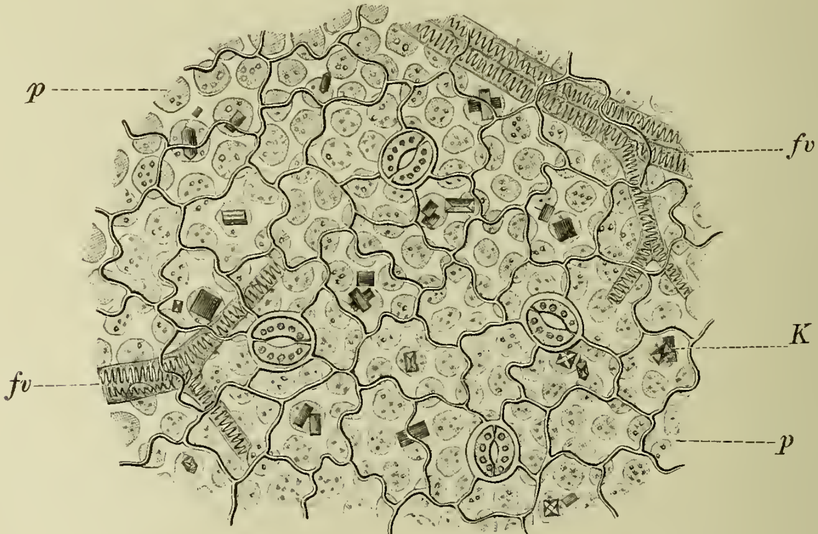
Fig. 487.



Fol. belladonnae (Atropa Belladonna). Flächenschnitt durch die Blattunterseite; unter der mit gestreifter Cuticula, Spaltöffnungen *(st)* und Haaren *(h)* versehenen Epidermis scheinen das Schwammparenchym und die Gefässbündel *(fv)* durch (Vogl).

zeichnet habe. Die äussere Cuticularleiste ist nämlich entweder als ein flacher

Fig. 488.



Fol. Hyoscyami. Flächenschnitt durch die Blattoberseite. Unter der Epidermis mit ihren Spaltöffnungen scheinen die Kristall- und Palissadenzellen *(K* und *p)*, sowie die Gefässbündel *(fv)* durch (Vogl).

Wulst entwickelt, erscheint also im Querschnitt als kleines Zäpfchen (Fig. 486). oder sie ist als ein mehr oder weniger hoher Wall emporgezogen (Fig. 367).

Je nachdem diese Ausbildung mehr oder weniger Platz greift, liegt die Centralspalte, der am meisten verengerte Theil der Spalte, entweder in der Mitte der Spaltöffnung oder mehr weniger nach Innen zu gerückt. Da sowohl die äussere Cuticularleiste, wie die innere gegen die Ebene der Centralspalte hin einspringen, entsteht sowohl ausserhalb wie innerhalb der Centralspalte ein Raum, ersteren nennt man den Vorhof, letzteren den Hinterhof der Spaltöffnung. Die nach Aussen mündende Ausgangsöffnung des Vorhofes heisst die Vorhofseingangsöffnung oder Eisodialöffnung[1]) (Fig. 486 *E*), die nach Innen mündende Ausgangsöffnung des Hinterhofes wird als Opisthialöffnung[2]) (Fig. 486 *O*) bezeichnet.

Im normalen Falle, der gleichen Ausbildung der inneren und äusseren Cuticularleiste (Fig 486), sind beide, Vorhof und Hinterhof, etwa gleich weit oder der Vorhof doch nur wenig weiter, ist jedoch die äussere Cuticularleiste wallartig emporgezogen, so ist der Vorhof sehr viel weiter und breiter als der Hinterhof (Fig. 367). Bei den Gymnospermen (*Coniferen*), die im Bau ihrer Spaltöffnungen vom Typus der Angiospermen abweichen[3]), ist der Vorhof ausserordentlich klein und der Hinterhof mündet breit-trichterförmig in die Athemhöhle; eine innere Cuticularleiste fehlt hier ganz, eine äussere fast ganz (Fig. 359, 365).

Fig. 489.



Epidermis der Blattunterseite von *Papaver somniferum* (Vogl).

Die Cuticularisirung der Spaltöffnung erstreckt sich von der äusseren Cuticularleiste an der Centralspalte vorüber nach der inneren Cuticularleiste und meistens auch noch tief in die Athemhöhle hinein.

Die Stelle der Epidermisaussenwand, wo die Spaltöffnung an die Nebenzelle grenzt, ist stets mehr weniger verdünnt (Fig. 357, 366) bildet also ein Hautgelenk, das für das Spiel des Oeffnens und Schliessens der Spaltöffnung (s. S. 440) von Bedeutung ist. Die Spaltöffnung ist demnach nicht der Epidermis fest eingefügt, sondern gewissermassen frei aufgehängt.

Das Lumen der Spaltöffnung ist im medianen Querschnitt mehr weniger oval (Fig. 359, 365) oder rundlich-dreieckig (Fig. 357, 486), die Spitze des Lumens ist gegen die Centralspalte gerichtet, die Basis gegen die Nebenzelle. Dort ist die Wand auch stets dünn. Der Inhalt der Spaltöffnungsschliess-

[1]) εἴσοδος Eingang.

[2]) ὀπισθία Hinterthür.

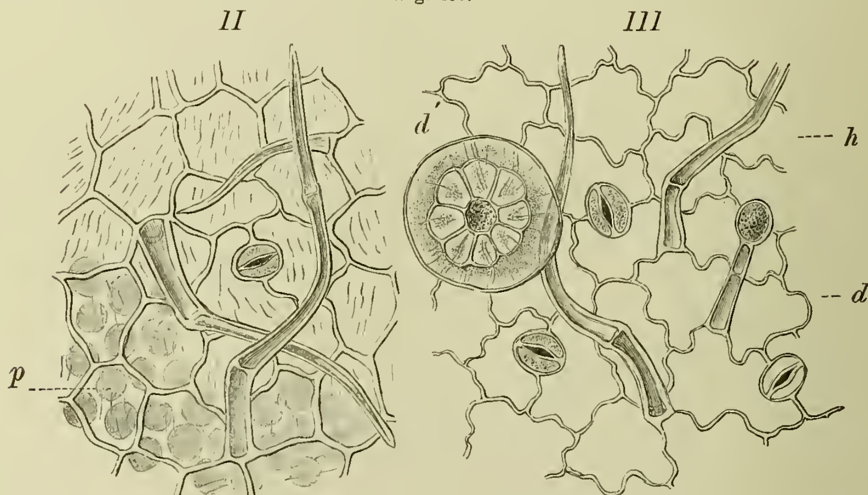
[3]) Tschirch, Sitzungsberichte d. botan. Ver. d. Prov. Brandenburg. XXII, S. 116.

zellen besteht aus Chlorophyllkörnern und Stärke. Letztere wird ausserordentlich lange zurückgehalten. Selbst wenn die ganze Pflanze stärkefrei ist, findet sich in ihnen noch Stärke vor. Sie tritt dort zuerst auf und verschwindet dort zuletzt. Auch dies scheint für den Mechanismus des Oeffnens und Schliessens der Spalte von Bedeutung.

An der Bildung des Spaltöffnungsapparates im weiteren Sinne betheiligen sich aber auch häufig noch die den Schliesszellen benachbarten Epidermiszellen, entweder die Nebenzellen allein, oder diese und die ihnen benachbarten Zellen der Epidermis, und zwar in der Weise, dass sie sich mehr oder weniger wallartig (Ringwall, Ringleiste) emporwölben und die Spaltöffnung unter die Epidermis herabdrücken. Dadurch entsteht alsdann ein über der Spaltöffnung liegender weiter schalen-, krug- oder trichterförmiger Raum, den ich, da er der (inneren) Athemhöhle entspricht, äussere Athemhöhle genannt habe (Fig. 131, 359, 365, 366).

Bisweilen liegen aber auch die Spaltöffnungen zu mehreren in Krügen (*Oleander*), Längsrinnen (Steppengräser, z. B. *Stipa,* Fig. 353) oder dergl.

Fig. 490.



Fol. Salviae. Flächenschnitt durch das Blatt. *II* an der Blattoberseite, *III* an der Blattunterseite, *d'* Oeldrüsen, *d* Köpfchenhaar, *h* Haare, *p* durchscheinende Palissadenschicht (Vogl).

Darnach habe ich folgende Gruppen aufgestellt[1]):

I. Die Spaltöffnungen münden direct oder mittelst der Oeffnungen der äusseren Athemhöhle in das umgebende Medium.
  A. Die Athemhöhle besitzt keine besonderen Schutzeinrichtungen.
    I. Stomata in der Höhe der Epidermis oder über diese emporgehoben, die Nebenzellen betheiligen sich an der Bildung des Spaltöffnungsapparates nicht: Unvertiefte Spaltöffnungen.
      1. Aeussere Cuticularleiste wenig entwickelt, Stomata über die Epidermis emporgehoben (Schattenpflanzen, Farn, *Caryophylli,* Fig. 485).
      2. Stomata im Niveau der Epidermis.
        a) Cuticularleiste wenig entwickelt (*Quercus pedunculata, Mentha piperata* Fig. 486). *Beta* (Fig. 357), *Hyoscyamus* (Fig. 375), *Digitalis* (Fig. 373).
        b) Cuticularseite stark entwickelt (*Citrus vulg.* Fruchtschale, *fol. uvae urs.*).
        c) Cuticularseite sehr stark entwickelt und emporgezogen (*Leucodendron).*
        d) Vorhof stark vertieft (*Eucalyptus dumosa, Melaleuca minor,* Fig. 367).
    II. Stomata unter das Niveau der Epidermis gedrückt, die Nebenzellen und benachbarten Epidermiszellen betheiligen sich an der Bildung des Spaltöffnungsapparates: Vertiefte Spaltöffnungen.

[1]) Tschirch, a. a. O.; (vergl. auch die Tafel).

1. Die äussere Athemhöhle schalenförmig *(Olea europaea, Cassia angustifolia,* Fig. 366) *Juniperus Sabina,* Fig. 365)
2. Die äussere Athemhöhle cylindrisch *(Euphorbia, Aloë,* Fig. 131).
3. Die äussere Athemhöhle krugförmig *(Pinus silvestris,* Fig. 359).
4. Die äussere Athemhöhle trichterförmig.

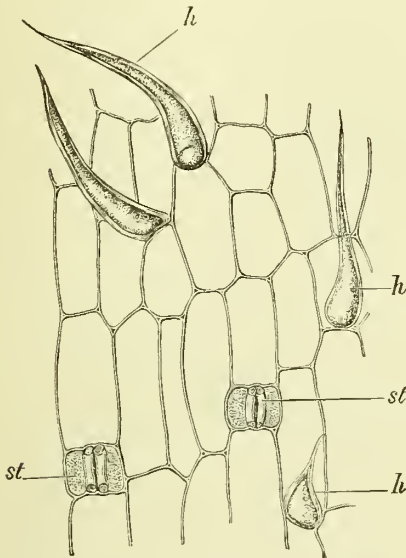
II. Die Spaltöffnungen münden nicht direct oder mittelst der Wallöffnung der äusseren Athemhöhle in das umgebende Medium.
1. Die Stomata liegen in mit Haaren ausgekleideten Krügen *(Oleander).*
2. Die Stomata liegen in Längsrinnen oder
3. auf der Unterseite oder Oberseite einrollbarer Blätter oder in Längsrinnen *(Stipa tenacissima,* Fig. 353).

Der Bau der Spaltöffnung steht, wie ich gezeigt habe, in inniger Beziehung zu Klima und Standort. Vertiefte oder sonst geschützte Spaltöffnungen finden sich der Regel nach nur bei Pflanzen, die an trockenes Klima oder einen trockenen Standort angepasst sind.

Grösse und Zahl der Spaltöffnungen wechselt sehr. Ihre Höhe ist selten der der Epidermiszellen gleich, meist sind sie niedriger (Fig. 366).

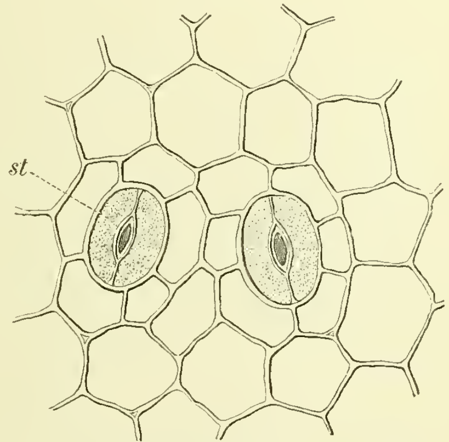
Die den Spaltöffnungen benachbarten Epidermiszellen sind entweder den übrigen, nicht an Spaltöffnungen grenzenden Epidermiszellen

Fig. 491.



Oberhaut der Gerstenspelze. *h* Haare, *st* Spaltöffnungen (Möller).

Fig. 492.



Fol. uvae ursi. Epidermis der Blattunterseite von der Fläche gesehen. *st* Spaltöffnung (Vogl).

gleichgestaltet *(Lilium, Orchis, Hyacinthus, Helleborus, Paeonia, Vicia, Sambucus),* oder sie sind von diesen in Form und Grösse verschieden und oftmals den Schliesszellen ähnlich oder zwischen diesen und den Epidermiszellen stehend. Nur in den letzteren beiden Fällen kann man eigentlich von „Nebenzellen“ sprechen.

Von der Fläche betrachtet gleichen die Nebenzellen oftmals den Schliesszellen an Gestalt, z. B. bei den *Gramineen.*

Die Spaltöffnung entsteht durch Theilung einer Mutterzelle (Specialmutterzelle, Strasburger) senkrecht zur Fläche des, Spaltöffnungen tragenden Organes.

Die beiden Tochterzellen werden, indem sie sich an der Berührungsfläche von einander trennen und auseinander weichen, zu den Schliesszellen.[1]) Die Spalte entsteht also durch Resorption (oder Spaltung) der Intercellular-

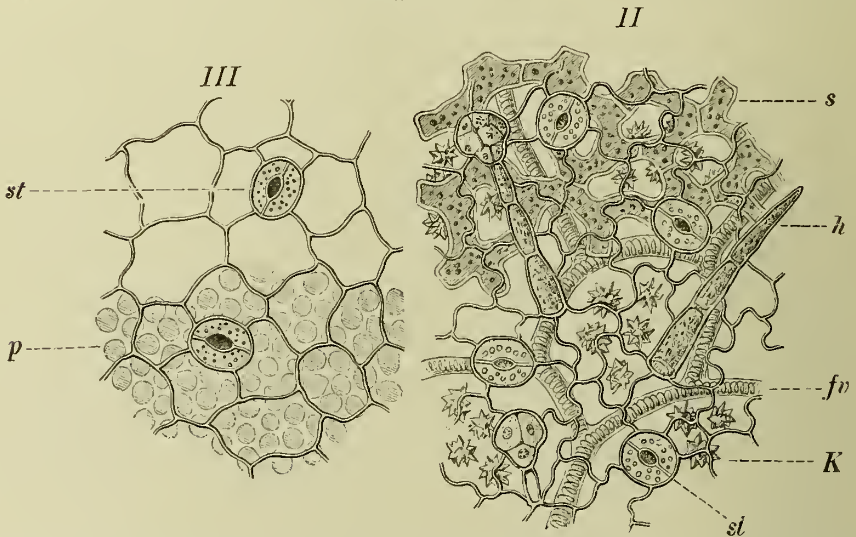
[1]) Diese Spaltung ist dargestellt (an der Spaltöffnung von *Hyacinthus)* in Sachs, Lehrbuch und de Bary, Anatomie, Fig. 17.

substanz. Die **Initialzelle**, Anfangszelle, wird nicht unmittelbar zur Mutterzelle der Spaltöffnung, sondern theilt sich erst noch einmal und eine der so entstandenen Tochterzellen wird zur Spaltöffnungsmutterzelle. Die dieser benachbarten Epidermiszellen theilen sich ihrerseits entweder nicht weiter oder erzeugen durch Theilungen in verschiedenen Richtungen[1]) 2, 4 oder mehr „Nebenzellen", die alsdann die Schliesszellen umgeben und an ihrer, von der der übrigen Epidermiszellen abweichenden Gestalt sofort erkannt werden können. Doch wird der Regel nach[2]) der Ausdruck Nebenzellen nicht in entwicklungsgeschichtlichem, sondern in rein topographisch-anatomischem Sinne gebraucht, also für alle, der Spaltöffnung benachbarten Zellen angewendet.

Man unterscheidet nach Strasburger und de Bary folgende Typen in der weiteren Entwicklung der Spaltöffnung:

1. Die Anfangszelle ist direct Mutterzelle der Spaltöffnung, die Epidermiszellen theilen sich nicht weiter *(Iris, Hyacinthus, Orchis, Ruta, Sambucus, Silene).*

Fig. 493.



Folia Stramonii. Flächenschnitte durch das Blatt. *II* der Unterseite, *III* der Oberseite, *st* Spaltöffnungen, *p* durchscheinende Palissaden, *K* Kristalle, *h* Haare, *s* Schwammparenchym, *fv* Gefässbündel (Vogl).

2. Die Anfangszelle ist direct Mutterzelle der Spaltöffnung, bald nach ihrer Abgrenzung wird aber längs ihrer Seiten je ein schmales Stück der benachbarten Epidermiszellen durch eine, mit jenen Seiten gleichlaufende Wand, als Nebenzelle, abgeschnitten. Dies findet statt:
   a) Einmal in jeder der 4 angrenzenden Zellen, es entstehen also 4 Nebenzellen *(Tradescantia, Commelina)* oder 4, 5 und mehr *(Coniferen, Ficus elastica).*
   b) Einmal in jeder, einer Flanke angrenzenden Zelle, es sind also 2 Nebenzellen vorhanden; die Spaltöffnung wird an jeder Seite von je einer, den Schliesszellen ähnlichen, Nebenzelle umfasst *(Gramineen, Carex, Cyperus, Aloë).*
   c) Es entstehen durch weitere Theilungen in den nach *a)* und *b)* entstandenen Zellen weitere Tochterzellen, so dass entweder ein Doppelgürtel oder ein einseitig doppelter Nebenzellenbeleg resultirt *(Maranta bicolor).*

3. Die Anfangszelle ist nicht Mutterzelle der Spaltöffnung, sondern theilt sich abermals einmal oder mehrmals. Das Product der Theilungen ist eine Spaltöffnungsmutterzelle und eine oder mehrere Nebenzellen *(Labiaten;* mit wenig Nebenzellen: *Papilionaceen, Solaneen, Asperifoliaceen, Cruciferen).*

Bezüglich der Orientirung der Spaltöffnungen gilt als Regel, dass bei gestreckten Organen die Spalten der Stomata der Längsaxe parallel

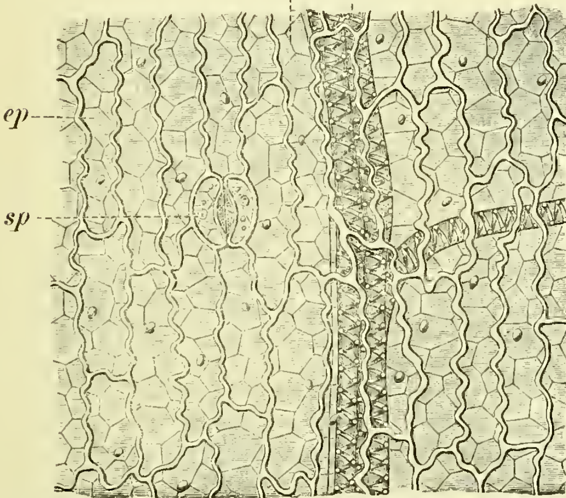
[1]) Vergl. Strasburger, a. a. O. und de Bary, Anatomie, S. 42.
[2]) So auch vom Verfasser.

stehen. an den nicht vorwiegend longitudinal wachsenden Organen dagegen regellos gestellt sind. Die Spaltöffnungen selbst sind entweder regellos vertheilt (Dicotylenblätter) oder stehen in Längsreihen (Grasblätter).

Je nach ihrer Function unterscheidet DE BARY Luftspalten (Spaltöffnungen im engeren Sinne) und Wasserspalten, nur die ersteren dienen der Durchlüftung, ihre Spalte enthält daher Luft (bez. der Wasserspalten vergl. S. 374).

Spaltöffnungen finden sich überall an der Pflanze, wo die Epidermis erhalten ist[1]), nur den Wurzeln und dem Endosperm fehlen sie ausnahmslos. Man hat sie selbst an Blüthenblättern (Fig. 491), Aussenkelchblättern *(Cina*, Fig. 139. 503), an Antheren, dem Hypanthium *(Caryophylli*, Fig. 485, 495), auf der Fruchtschale *(Sternanis*, *Siliqua dulc.)*, an der inneren Fruchtknotenwand, auf der Samenschale *(Canna)*, auf der Ovulis, ja selbst einigen Knollen (junge Kartoffel), Zwiebeln (äussere Schalen der *Bulb. scillae*) und Rhizomen gefunden, am häufigsten jedoch sind sie an den Blättern zu finden. Den untergetauchten Theilen der Wasserpflanzen fehlen sie für gewöhnlich. Bei den Blättern pflegen sie den Blattrippen und den Stellen, wo mechanisches Gewebe bis zur Epidermis tritt, zu fehlen (Fig. 259, 266). Bei kantigen Stengeln fehlen sie ebenfalls über den, Collenchymbündel führenden, Leisten und liegen in den Rinnen (*Umbelliferen*stengel). Selten sind sie zu isolirten Gruppen vereinigt *(Saxifraga sarmentosa)*, meist gleichmässig über die spaltöffnungsführende Fläche vertheilt.

Fig. 494.



Flächenschnitt durch ein Blüthenblatt von *Papaver Rhoeas L.* *ep* Epidermiszellen mit Zellkern, *sp* Spaltöffnung, *m* Mittelschicht, *gfb* Gefässbündel (Tschirch).

Meist besitzt jede Spaltöffnung ihre eigene Athemhöhle, selten liegen mehrere über einer gemeinsamen (*Begonien*, nach VOGL auch bei *Papaver*, Fig. 489). Die Zahl der Spaltöffnungen wechselt ausserordentlich und scheint in Beziehung zu dem Standorte zu stehen. Ich habe folgende Tabelle zusammengestellt:

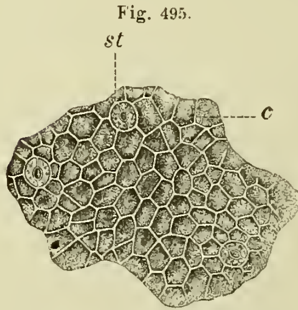
Nymphaea alba	0 + 460	im Wasser.	*Pinus silvestris*	74 + 84	Wälder.
„ *therminal*	0 + 625		*Pinus nigricans*	56 + 70	
Querc. robur	0 + 346	feuchte Wälder.	*Larix europaea*	0 + 39	
Querc. pedunculat.	0 + 288 (438)		*Abies pectinata*	0 + 98	
Prunus domestica	0 + 253	Obstgärten.	*Abies canadens.*	0 + 112	
„ *armeniaca*	0 + 228		*Triticum sativ.*	47 + 32	Felder.
„ *cerasus*	0 + 216		*Secale cereale*	49 + 42	
Amygdalus persic.	0 + 186		*Avena sativa*	40 + 27	
Pirus malus	0 + 246		*Sedum alb.*	49 + 25	steinige, trockene Stellen.
Populus pyramid.	41 + 149	Chausseen.	*Sedum acre*	21 + 14	
„ *nigra*	20 + 115		*Semperviv. tector.*	11 + 14	
„ *virginian.*	41 + 107				

(Die Reihe vor dem + bedeutet die Ober-, die Reihe hinter dem + die Unterseite.)

[1]) Die chlorophyllfreien Schmarotzer sind auffallend arm an Spaltöffnungen oder entbehren sie ganz, was auf eine Beziehung der Stomata zu der Assimilation deutet.

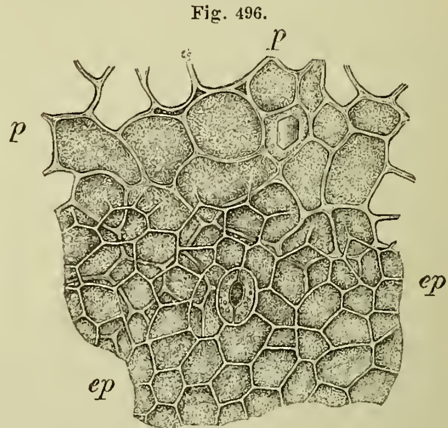
Bei einigen Blättern *(Iris)* kommt fast auf jede Epidermiszelle eine Spaltöffnung, bei anderen *(Cuscuta)* erst auf hunderte von Epidermiszellen eine. Als Maximalziffern können gelten[1]) pro Quadratmillimeter Blattfläche 625 (Unterseite des Blattes von *Olea europaea)* und 716 (Unterseite des Blattes von *Brassica Rapa)*. Die meisten Laubblätter haben 40—300 pro Quadratmillimeter (WEISS). Doch unterliegt die Zahl selbst

Fig. 495.



Epidermis der Gewürznelke. Vergr. 160. *st* Spaltöffnung (Möller).

Fig. 496.

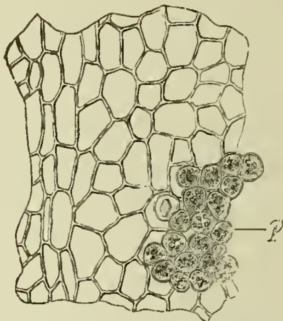


Epidermis der *Kaffee*fruchtschale mit darunter liegendem Parenchym (Möller).

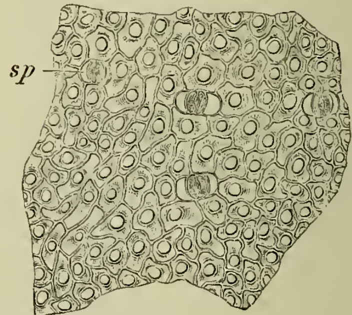
individuellen Schwankungen, freilich, wie es scheint, nur innerhalb bestimmter Grenzen.

Auch auf grünen Stengelorganen, ja selbst den grünen Sprossen von Holzpflanzen, sind Spaltöffnungen häufig *(Rhamnus cathartica* und *Frangula)*, wenige finden sich auf den Stengeln von *Solanum tuberosum* (4 pro Quadratmillimeter) und *Prunus domestica* (7 pro Quadratmillimeter).

Fig. 497.



Epidermis der Oberseite des *Coca*blattes (Möller).



Epidermis der Unterseite des *Coca*blattes. *sp* Spaltöffnung. Vergr. 160 (Möller).

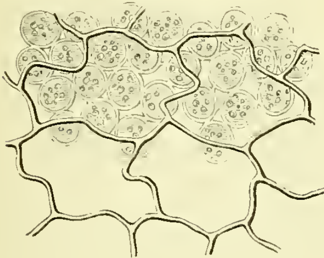
Bei den bifacialen (s. S. 321) Blättern pflegt die Unterseite entweder ausschliesslich, oder doch sehr vorwiegend Spaltöffnungen zu führen.

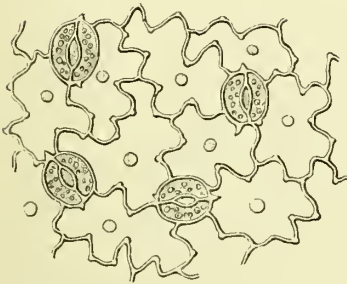
---

[1]) WEISS, Unters. über die Zahlen und Grössenverhältnisse der Spaltöffnungen. PRINGSHEIM's Jahrbuch. IV, S. 124.

Der gewöhnlichste Fall ist der, dass die Unterseite sehr zahlreiche, die Oberseite wenige Spaltöffnungen führt; *(Fol. althaeae, Fol. salviae* (Fig. 490), *Fol. stramon.* (Fig. 493)*, Fol. belladonnae, Fol. hyoscyami, Fol. trifol. fibrini, Fol. farfarae).* Nur auf der Unterseite finden sie sich bei *Conium maculat., Juglans regia, Aconitum Napellus* (Fig. 498), *Citrus vulgar., Laurus nobilis, Artemis. Absynth, Actostapyllos Uva ursi, Pilocarpus pinnatif., Ilex, Rhododendron, Ficus, Glechoma hederacea, Asperula odorata, Betula, Pirus, Carpinus, Coca* (Fig. 497). Noch seltener ist der Fall, dass die Oberseite spaltöffnungsreicher als die Unterseite *(Pinus silvestris)* oder dass sie gar nur auf der Oberseite liegen *(Pinus Strobus, Thuja*, schwimmende Blätter, Steppengräser). Centrisch gebaute Blätter pflegen auf beiden Seiten Spaltöffnungen zu führen *(Fol. sennae*, Fig. 366, *Arghelblätter* (*Solenostemma Arghel)*[1]), *Melaleuca*, Fig. 367).

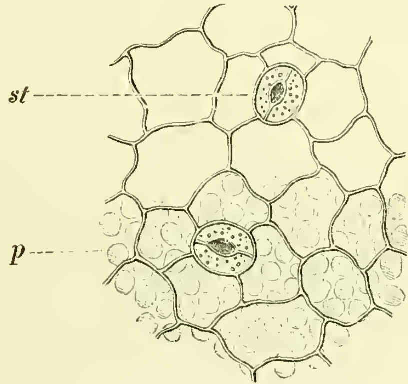
Fig. 498.





Fol. aconiti. Flächenschnitt durch die Epidermis der Blattoberseite *(B)* und der Blattunterseite *(C)*, letztere mit Spaltöffnungen und Zellkernen (Vogl).

Fig. 499.



Epidermis der Blattunterseite des Blattes von *Datura Stramonium* (Vogl).

Die Grösse der Spaltöffnungen variirt; einen Durchschnittswerth repräsentirt *Mentha piperata*, bei dieser Pflanze sind sie (in der Flächenansicht gemessen) 24 Mik. lang und 16 Mik. breit. Bei *Juniperus commun.* sind sie 44 Mik. lang und 31 Mik. breit, bei *Larix* 42 Mik. lang und 31 Mik. breit, *Pinus silvestris* 62 Mik. lang und 43 Mik. breit und *Dammara robusta* 45 Mik. lang und 31 Mik. breit.[2])

Eine sehr charakteristische Anpassung an den Standort zeigt die Vertheilung der Spaltöffnungen bei den Steppengräsern. Hier liegen dieselben in verschliessbaren Längsrinnen der Blattoberseite *(Stipa tenacissima*, Fig. 353[3]). Auch bei anderen einrollbaren Blättern pflegen sie an der sich einrollenden Seite zu liegen.

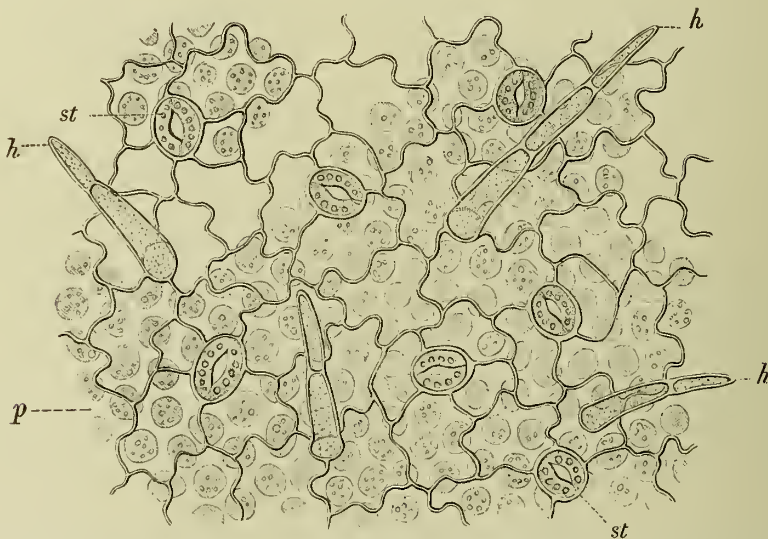
Die Zahl der Spaltöffnungen steht in Beziehung zur Transpirationsgrösse der betreffenden Blattfläche. So fand GARREAU, dass eine 40 Qcm. grosse Blattfläche von *Atropa Belladonna* auf der Oberseite, wo bei dieser Pflanze nur wenige Spaltöffnungen liegen, in 24 Stunden 0·48 Gr., eine gleich grosse Fläche der Unterseite mit 55 Spaltöffnungen 0·6 Gr. Wasser abgab. Bei *Tilia* stellte sich das Verhältniss so, dass die Oberseite mit 0

[1]) VOGL, Atlas, Taf. 21.
[2]) MAHLERT, Bot. Centralbl. 1885, S. 57.
[3]) Vergl. TSCHIRCH, Beitr. zur Anatomie und dem Einrollungsmechanismus einiger Grasblätter. PRINGSHEIM's Jahrb. 1882, XIII. Dort die einschlägige Literatur.

Spaltöffnungen in 24 Stunden 0·2 Gr., die Unterseite mit 60 Spaltöffnungen 0·49 Gr. pro 20 Qcm. abgab. Nimmt man an, dass ein reich belaubter Lindenbaum 100.000 Blätter von 20 Qcm. Fläche besitzt, die in 24 Stunden 0·7 Gr. Wasser abgeben, so würde die Verdunstungsgrösse des Baumes pro Tag wenigstens 70 Liter betragen, dieselbe ist jedoch sicher höher und erreicht bei einigen reichbelaubten und stark transpirirenden Bäumen bestimmt 1000 bis 2000 Liter. Das Blatt besitzt zwei Transpirationsmaxima, eines in der frühen Jugend und eines zur Zeit der vollständigen Entwicklung der Lamina (v. Höhnel). Da das Blatt auch durch die spaltöffnungsfreie, nur mit der Cuticula bedeckte Seite transpirirt, so kann man zwischen einer cuticularen und einer stomatären Transpiration unterscheiden.

Um als Regulatoren des Gasaustausches, besonders der Transpiration dienen zu können, müssen die Spaltöffnungen die Fähigkeit besitzen, sich gegebenen Falles öffnen oder schliessen zu können. Diese Fähigkeit besitzen sie in hohem Grade. Sobald der Pflanze nämlich Wasser reichlich

Fig. 500.



Fol. Hyoscyami (Hyoscyamus niger). Flächenschnitt durch die Blattoberseite. In der Epidermis Spaltöffnungen *(st)* und Haare *(h)* — die Palissadenzellen *(p)* durchscheinend (Vogl).

zu Gebote steht, der Turgor der Zellen also steigt, öffnet sich die Centralspalte, sobald dagegen Wassermangel eintritt, schliesst sie sich. [1]) Andererseits tritt die Beziehung der Spaltöffnungen zur Assimilation dadurch hervor, dass sie sich im Lichte öffnen und im Dunkeln schliessen. Wir haben demnach in den Spaltöffnungen selbstthätige Ventile vor uns, die den Gasaustausch automatisch reguliren.

Aus allem diesem geht hervor, dass der erzielte Effect stets von der Weite der Centralspalte abhängt. Aber gerade über diesen Punkt fehlt es an genauen Messungen, denn es liegt auf der Hand, dass die sehr weit geöffnete Centralspalte einer Spaltöffnung den gleichen Effect erzielen kann, wie 10 nur schmal geöffnete. Hierdurch erklärt sich vielleicht der nicht immer scharf hervortretende Parallelismus zwischen der Zahl der Spaltöffnungen und der Trockenheit des Standortes. Nicht unerwähnt darf es auch bleiben, dass zahlreiche Spaltöffnungen functionslos sind, also ent-

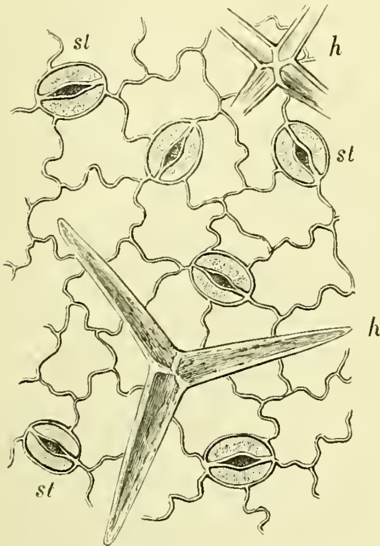
[1]) Der Mechanismus dieses Vorganges ist von Mohl, Bot. Zeit. 1856 und Schwendener, Monatsber. d. Berl Akadem., 1881, klargelegt worden.

weder stets offen (einige Wasserpflanzen) oder stets geschlossen oder durch Wachskörnchen verstopft sind (einige *Coniferen*blätter).

Einen Functionswechsel der normalen Spaltöffnungen stellen auch die Wasserspalten (s. d.) dar. Die ihrer ursprünglichen Function entfremdeten Stomata haben natürlich auch die Fähigkeit, sich zu öffnen und zu schliessen, verloren.

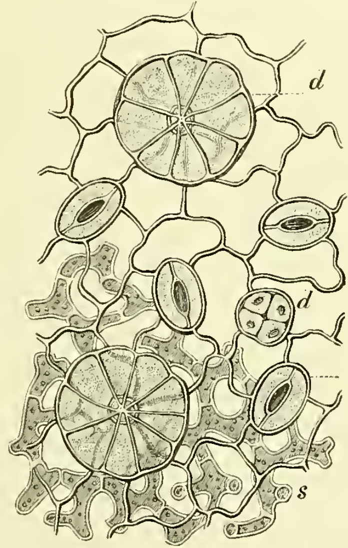
In der angewandten Pflanzenanatomie spielen die Spaltöffnungen bei der Diagnose insofern eine grosse Rolle, als Form und Vertheilung derselben selbst in Pulvern noch deutlich wahrnehmbar ist, da die Epidermiszellen grosse Cohärenz besitzen und die Epidermis sammt den Spaltöffnungen oft in grösseren Fetzen noch anzufinden ist. Ihr Bau, ihre Grösse und Vertheilung sind daher schon oft zur Diagnose herbeigezogen worden. So besonders bei der Feststellung von Theefälschungen.[1] Aber auch sonst ist es mir oft gelungen, Beimengungen von gepulverten Blättern in anderen Pulvern durch die Spaltöffnungen nachzuweisen. Wenn Blatt-

Fig. 501.



Flächenschnitt durch die Epidermis der Blattunterseite von *Althaea officinalis.* *h* Haare (Vogl).

Fig. 502.



Flächenschnitt durch die Blattunterseite des Blattes von *Juglans regia.* *d* Drüsenhaare (Vogl).

abschnitte vorliegen, so misst man auf Flächenschnitten ihre Länge und bestimmt die Zahl, die auf einem Raume (etwa 1 Qmm.) vorkommt.

Da die Wasserspalten[2]) nicht dem Gasaustausche, sondern der Ausscheidung von Wasser in liquider Form dienen, so gehören dieselben nicht eigentlich hierher. Da ihre Form jedoch der der Luftspalten gleicht, so soll ihrer an dieser Stelle mit einigen Worten gedacht werden. Sie enthalten zur Zeit ihrer Thätigkeit ebenso wie die unter ihnen liegenden Athemhöhlen nicht Luft, sondern Wasser, beziehentlich wässerige Lösungen und sind auch dadurch von den Luftspalten unterschieden, dass ihre Schliesszellen keine Schliess- und Oeffnungsbewegungen zu machen im Stande sind, ja bisweilen sogar frühzeitig absterben *(Aconitum, Tropaeolum)*. Sie sind der

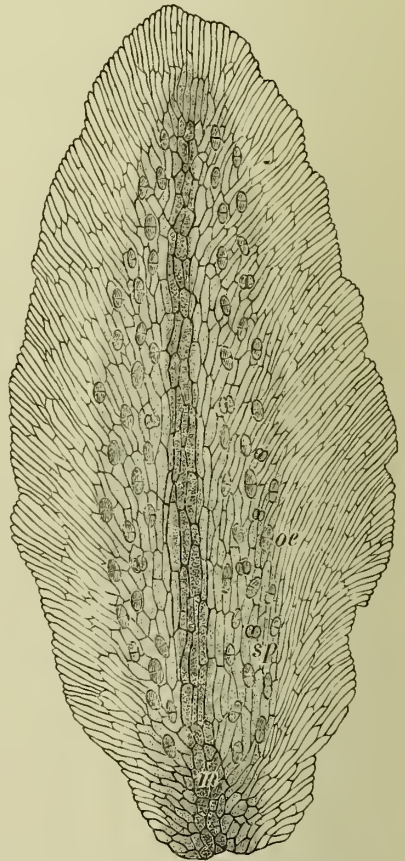
[1]) Bell, Analyse und Verfälschung der Nahrungsmittel. Berlin 1882, I, Fig. 3, 6, 8, 10. — Möller, Nahrungsmittel.

[2]) Mettenius, Filices hort. Lips. S. 9. — Rosanoff, Bot. Zeit. 1869. — Borodin, Bot. Zeit. 1869 und 1870. — de Bary, Anatomie, S. 55 u. And.

Regel nach erheblich grösser als die Spaltöffnungen derselben Pflanze, mit weiter Spalte versehen und liegen stets über Gefässbündelendigungen (s. S. 374) einzeln oder zu Gruppen vereinigt, meist am Blattrande, den Blattzähnen und der Blattspitze, oder doch dem Rande genähert *(Papaver, Tropaeolum, Arum, Ficus, Fuchsia, Primula sinensis, Sambucus, Prunus Padus, Helleborus niger, Ferula tingitana, Archangelica offic., Valeriana, Compositen, Brassica). Papaver somniferum* hat an den Blattzähnen an der Blattunterseite je 2—3 Wasserspalten. Die Wasserporen haben entweder eine kurze oder eine lange Spalte.

Auch andere Lücken als die genannten finden sich bisweilen in der Epidermis, so z. B. Risse an den Blattspitzen der Gräser, besonders der Keimpflanzen *(Triticum, Mais)*, durch welche besonders bei starker Transpiration Wassertropfen hindurchtreten.

Fig. 503.



Hüllkelchblatt von *Artemisia maritima (Cina)*. Flächenansicht mit ungetheiltem Mittelnerv und beiderseits von diesem zerstreut angeordneten Spaltöffnungen *(sp)* und Oeldrüsen *(oe)* (Tschirch).

Die **Lenticellen**[1]) (DE CANDOLLE), Rindenporen (PETIT-THOUARS) sind die Ausführungscanäle des inneren Durchlüftungssystems an Zweigen, die in Folge von Peridermbildung ihrer spaltöffnungstragenden Epidermis beraubt sind, sie sind gewissermassen die Spaltöffnungen älterer Zweige und verhalten sich also wie das Periderm zur Epidermis. Sie lassen denn auch diese Beziehung zu den Spaltöffnungen dadurch erkennen, dass sie vorwiegend oder ausschliesslich unterhalb von Spaltöffnungen entstehen (UNGER). Sie sind ganz allgemein verbreitet und nur bei einigen wenigen Gehölzen mit regelmässig sich wiederholender Borkenbildung *(Vitis, Lonicera, Tecoma, Philadelphus)*, wo sie ja keinen Sinn haben würden oder immer erneuert werden müssten, fehlen sie ganz, bei *Platanus* sind sie sehr klein. Sie kommen sowohl am Stamm, wie an den Aesten und den Wurzeln vor. Ihrem Bau nach bezeichnet sie DE BARY als „örtliche, biconvexe, oft sowohl über die Oberfläche als nach Innen vorspringende Anschwellungen des Periderms, welche sich vor dem übrigen Periderm auszeichnen durch luftführende enge Intercellularräume zwischen den abgerundeten Kanten ihrer Kork-, Phelloderm- und Meristemzellen“. Sie sind als kleine, meist anders als das Periderm gefärbte Höckerchen (Korkhöckerchen der Pharmakognosten) auf zahlreichen Rinden ohne weiteres zu erkennen *(Cort. Frangulae, Tub. Jalapae, Sambucus, Punica Granatum, Myroxylon)*.

---

[1]) MOHL, Untersuch. über die Lenticellen. Verm. Schriften. — TRÉCUL, Compt. rend. T. 73, S. 15. — STAHL, Entwicklung und Anatomie der Lenticellen. Bot. Zeit. 1873. — HABERLANDT, Beiträge zur Kenntn. d. Lenticellen. Wiener Akad. Sitzungsber. 1875. — KLEBAHN, Ueber Structur und Function der Lenticellen. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1883. — DE BARY und HABERLANDT, Anatomie. Abgebildet sind Lenticellen bei HABERLANDT (Anatomie, Fig. 108), DE BARY (Anatomie, Fig. 221—223).

Die Lenticelle entsteht dadurch, dass eine an das normale Periderm beiderseits sich anschliessende Phellogenschicht nach Innen Phelloderm, nach Aussen ein, in radialen Reihen angeordnetes, eigenthümliches Korkgewebe erzeugt, das entweder aus dicht an einander gelagerten, jedoch durch luftführende Intercellularen getrennten *(Sambucus, Salix, Lonicera)* oder aus rundlichen, locker gehäuften Zellen besteht, die weite Intercellularen zwischen sich lassen *(Robinia, Betula, Ulmus, Alnus)*. [Füllgewebe, Füllzellen Stahl's.] Bei letzterem Typus treten alsdann, damit das lockere Gewebe nicht auseinander fällt, dicht und eng verbundene sogenannte Zwischenstreifen[1]) auf, die die Lenticelle tangential durchziehen. Im Verlaufe des Dickenwachsthums werden diese dann gesprengt und durch neue ersetzt. Auch die Füllzellen werden später, nachdem sie vertrocknet und verwittert sind, oft abgestossen. Im jungen Zustande sind die Lenticellen dadurch ausgezeichnet, dass sie begierig Wasser aufnehmen, sich von einander lösen und oft aus der Rinde hervorquellen. Dort, wo sich die Füllzellen auch ohnedies von einander lösen *(Prunus, Pirus, Betula, Quercus Suber)*, bilden sie ein reichdurchlüftetes lockeres Haufwerk.

Die Lenticellen sind, wie der Versuch lehrt, wegsame Ausführungscanäle, die mit dem inneren Durchlüftungssystem der Pflanze in offener Communication stehen.

Meist ragen sie über das Periderm schwach hervor. Bei *Quercus Suber* treten sie nicht über die Oberfläche, sie durchsetzen den Kork vielmehr „in Form radialer, unregelmässig eingeschnürt-cylindrischer, aus lockerer, beim Trocknen braun werdender Füllmasse bestehender Säulen, welche von der verwitternden Oberfläche bis zum Phellogen reichen und jedem, der einen Korkstöpsel gesehen hat, als die braunpulverigen, senkrecht zu den Jahresringen verlaufenden Streifen bekannt sind".

Eine in dem persistenten Periderm eines in die Dicke wachsenden Stammes gelegene Lenticelle zeigt bezüglich ihres eigenen Breitenwachsthums ein nach Species verschiedenes Verhalten. Die Lenticellen folgen entweder dem Dickenwachsthum und die Phellogenschicht verbreitert sich in demselben Maasse, wie der Stamm in die Dicke wächst, sie folgt also dem Dilatationswachsthum (bei *Prunus avium, Abies pectinata, Betula* [de Bary], *Punica Granatum*), oder die Lenticellen folgen dem Dickenwachsthum nicht, nehmen also mit den Jahren an Breite nicht zu (*Fraxinus Ornus, Quercus Suber*) oder endlich die Lenticelle wird dadurch, dass inmitten der Phellogenschicht an einer Stelle statt Füllgewebe echtes Periderm gebildet wird, im Verlaufe des Dickenwachsthums in mehrere kleinere, durch Periderm getrennte Lenticellen gespalten (bei *Rhamnus Frangula, Pirus malus, Broussonetia*); dadurch ist es erklärlich, dass z. B. *Rhamnus Frangula* selbst an älteren Zweigen noch kleine Lenticellen hat, während andere Pflanzen, die in der Jugend kleine Lenticellen haben, im Alter sehr grosse (1 Cm. und mehr breite) besitzen *(Punica Granatum)*. Ursprünglich sind die Lenticellen etwa 1 Mm. breit und sehr verschieden lang.

Die Art der Entstehung der Lenticellen zeigt einige Verschiedenheiten. Wird das Periderm in oder unter der Epidermis (Oberflächenperiderm, s. S. 2 9), oder in einer wenig tieferen Schicht angelegt, so entstehen die Lenticellen unter den Spaltöffnungen, entweder unter einer *(Sambucus, Prunus Cerasus, Ligustrum, Salix, Rhus, Fraxinus Ornus, Robinia)* oder unter einer Gruppe derselben *(Populus, Juglans)*; im ersteren Falle liegt alsdann die Spaltöffnung über der Mitte der Lenticelle. Doch

---

[1]) Auch die sogenannten „Verschlussschichten" gehören hierher. Dieselben bewirken aber keinen natürlichen Verschluss (Klebahn).

braucht nicht unter jeder Spaltöffnung eine Lenticelle zu entstehen. Die Anlage der Lenticelle geschieht in der Weise, dass die unter der Spaltöffnung liegenden Parenchymzellen meist regellose Theilungen erfahren, durch welche sie in „Füllzellen“ verwandelt werden, alsdann in der inneren Schicht reguläres Lenticellenphellogen in Form einer flach bogenförmig (uhrschalenartig) nach Innen vorspringenden Zone auftritt, welche sich an das normale Peridermphellogen beiderseits ansetzt. Die Bildung der Lenticelle beginnt gleichzeitig oder vor der Peridermbildung. Durch die Thätigkeit des Lenticellenphellogens werden die ursprünglich gebildeten primären Füllzellen hinausgerückt, wölben die Epidermis hervor, sprengen sie und dringen als abgestorbene Zellmasse hervor.

Unabhängig von Spaltöffnungen tritt Lenticellenbildung „an im Entstehen begriffenen oder schon älteren Peridermen ein, indem die phellogene Meristemschicht an circumscripten Stellen anstatt gewöhnlichen Periderms Lenticellengewebe erzeugt“ (de Bary). Bereits vorhandene Peridermschichten werden durch die Lenticelle gesprengt. Lenticellenbildung unabhängig von Spaltöffnungen tritt besonders auf den inneren Peridermen, sowohl auf den erstgebildeten, als älteren ein. Sie können aber auch auf älteren, länger im Wachsthum begriffenen, sowohl oberflächlich als endogen entstandenen Peridermen zwischen bereits vorhandenen Lenticellen auftreten (Stahl, Haberlandt), wodurch die Zahl der Lenticellen im Verhältniss zur Dilatation des Sprosses vermehrt wird. Wird die Borke in Schuppen abgeworfen *(Platanus, Pirus Malus)*, so entstehen die neuen Lenticellen auf der freigelegten Fläche, entstehen in haftenbleibender Borke an den älteren Lenticellen Risse *(Prunus domest., Robinia, Populus)*, so werden neue Lenticellen im Grunde der Längsrisse angelegt.

Die Vertheilung der Lenticellen ist bei aufrechten Organen eine ringsum gleichmässige, bei horizontalen führt die Oberseite weniger als die Unterseite, wie wir dies ja auch bei den Spaltöffnungen als Regel durchgeführt finden (S. 438).

Die Zellen der Lenticellen sind stets dünnwandig, ihre Wand oft getüpfelt und meist gebräunt und wohl auch partiell verkorkt. Für gewöhnlich ist ein protoplasmatischer Wandbeleg, bisweilen auch Stärke oder Calciumoxalat, in ihnen wahrnehmbar. Bei den Lenticellen mit locker gehäuften Füllzellen erscheint die Oberfläche oft pulverig, da die Zellen sich von einander lösen und oft auf die Oberfläche heraustreten *(Cort. granati)*.

Auch auf und in Blättern finden sich bisweilen den Lenticellen ähnliche Korkhöckerchen, Korkwucherungen, Korkwarzen.[1]) Besonders schön z. B. bei den Blättern von *Eucalyptus globulus.*[2])

Speichersystem.

Als ich oben von der Function des Assimilationsgewebes (S. 314) und der des Leitungsgewebes sprach (S. 326), habe ich wiederholentlich betont, dass die im Assimilationsgewebe gebildeten Stoffe nicht dort auch verbraucht werden, sondern einmal nach den Orten des Verbrauches und dann nach den Orten der Speicherung wandern. Mit den Geweben, welche die Stoffe in erster Linie verbrauchen, den in Zelltheilung begriffenen Bildungsgeweben, haben wir uns ganz im Anfang, mit den Geweben, welche die Leitung besorgen, im vorigen Capitel beschäftigt, hier soll nun von den Geweben die Rede sein, welche die Stoffe für späteren Verbrauch aufspeichern. Da der Pflanze im Verlaufe ihrer sommerlichen Vegetation durch die Assi-

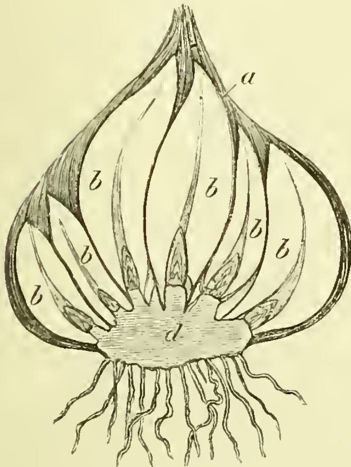
[1]) Bachmann, Ueber Korkwucherungen auf Blättern. Pringsheim's Jahrb. XII, S. 191.

[2]) Tschirch, Pharm. Zeit. 1881, und Tschirch und Flückiger, Grundlagen d. Pharmakognosie, Fig. 128, K.

milation fortdauernd Material zur Verfügung gestellt wird, so hätte sie überhaupt keine Veranlassung, irgend welche Stoffe zu speichern, wenn nicht der Winter käme, wo die Assimilation ruht, weil die Assimilationsorgane abgeworfen (bei den Laubhölzern) oder die oberirdischen Vegetationsorgane ganz eingezogen werden (bei den krautigen Pflanzen), oder (wie bei den immergrünen Gewächsen) die erhalten bleibenden Assimilationsorgane, wegen mangelnder Wärme nicht assimiliren können — und wenn sie nicht für ihre Nachkommen zu sorgen hätte. Genau also, wie der Mensch für die Zeiten der Noth und für seine Nachkommen in der Zeit der vollen Manneskraft spart, also die Früchte seiner Thätigkeit nicht vollständig aufbraucht, so sorgt auch die Pflanze für die Zukunft

Bei der einjährigen Pflanze geht mit dem Herbst der ganze Organismus zu Grunde und nur die Samen bleiben übrig. Diese werden hier also die einzigen Reservebehälter sein. Die Pflanze hat nicht mehr für sich, sondern nur für die Nachkommen zu sorgen. Bei der mehrjährigen bleiben entweder nur die unterirdischen Organe (Wurzeln, Rhizome, Knollen, Zwiebeln) oder auch die oberirdischen (Stamm) erhalten. Daneben producirt aber auch diese Pflanze Samen. Aus den unterirdischen überwinternden Organen verjüngt sich im Frühjahr die Pflanze selbst, aus den Samen entstehen die Nachkommen. Die Pflanze hat also nicht nur für letztere, sondern auch für sich zu sorgen. Es werden demnach hier sowohl die Samen, wie die überwinternden Theile zu Reservebehältern werden. Beide dienen dazu, den pflanzlichen Organismus so lange mit dem nöthigen Nährmaterial zu versorgen, bis er sich selbstständig zu ernähren wieder im Stande ist, der Same gekeimt ist, eine, die Stoffe aus dem Boden aufnehmende, Wurzel getrieben und assimilirende Blätter entwickelt und die überwinternde Pflanze ihr Laub entfaltet hat. Erst dann kann ja die Pflanze sich wieder selbstständig erhalten.

Fig. 504.



Knoblauch-Zwiebel im Durchschnitt. *a* Zwiebelschale, *b* Nebenzwiebeln, *d* Zwiebelkuchen (Tschirch).

Schon aus diesen Erwägungen geht hervor, dass sich alle Reservebehälter gegen den Herbst hin füllen und im Frühjahr entleeren werden, die Reservebehälter der Samen also im speciellen bei der Keimung der letzteren. Wenn es uns also darauf ankommt, die Reservebehälter in der Praxis gefüllt zu verwenden oder die Reservestoffe aus ihnen darzustellen, so werden wir die unterirdischen im Herbst nach vollendeter Blüthe der Pflanze, die oberirdischen, die Samen, nach erfolgter Reife derselben zu sammeln haben [1]), denn dann sind sie ja am meisten gefüllt. Zu Beginn des Sommers dagegen sind beide entleert, die Samen haben sich zur neuen Pflanze entwickelt und dazu die in ihnen aufgehäuften Baustoffe verbraucht, die Rhizome und Knollen haben ausgetrieben und der Stamm der Holzpflanze hat sich belaubt.

Sehr instructiv für die Füllung und Entleerung ist der Verlauf der Entwicklung der Reservebehälter bei den knollentragenden Pflanzen, z. B. *Orchis*, *Colchicum* (Fig. 506) und *Aconit* (Fig. 470—471).

---

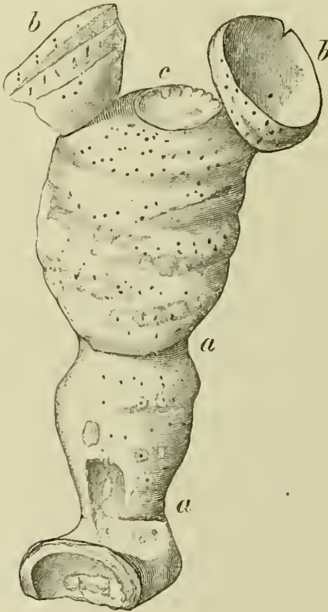
[1]) Vergl. auch meinen Artikel „Einsammlung der Drogen" in der Real-Encyclopädie d. ges. Pharmacie.

Beim *Aconit* z. B. treibt der überwinternde Knollen aus seiner Knospe im Frühjahr den blätter- und blüthentragenden Spross und wird in dem Maasse, wie sich diese entwickeln, entleert. Sobald die Blätter assimiliren, wird in der Achsel eines der basalen Blätter ein neuer Knollen angelegt, der sich allmälig vergrössert und mit Reservestoffen füllt (S. 414). Derselbe ist im Herbst, wenn die Pflanze sammt dem alten Knollen abstirbt, vollständig prall gefüllt und überwintert, um im nächsten Frühjahr nun seinerseits wieder Blatt und Stengel zu erzeugen.

Aehnlich verläuft die Sache bei *Orchis*. Bei *Colchicum* geht die Entwicklung des Bulbotuber in folgender Weise vor sich.

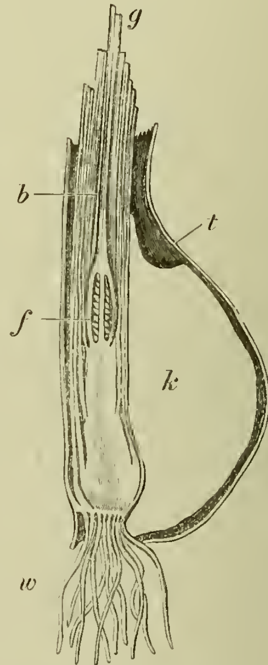
Colchicum besitzt einen sehr verkürzten Stengel und einen tief im Boden verborgenen, mit einer braunen, häutigen Schale (Laubblattscheide) umgebenen Knollen (Bulbotuber), der bis 35 Mm. lang und 25 Mm. dick wird, schief eiförmig, auf dem Rücken stark gewölbt, auf der Vorderseite flach oder schwach gewölbt ist und von einer flachen,

Fig. 505.



Rhizomstück von *Iris germanica*, prall mit Stärke gefüllt (Hartwich).

Fig. 506.



Colchicum autumnale. Längsschnitt durch den basalen Theil. *k* Knollen, *t* Niederblatt (beide zusammen den Bulbotuber bildend), *w* Wurzeln, *f* Fruchtknoten, *b* Blätter, *g* Griffel (Tschirch).

mittleren Längsfurche durchzogen wird, in welcher der kurze Stengel ganz und die lange Blüthenröhre wenigstens in ihrem unteren, den Fruchtknoten umschliessenden Theile halb eingeschlossen ruht (Fig. 506). Der Knollen steht mit dem blüthentragenden Stengel nur in einer kleinen, basalen Region in Verbindung. Die Basis des Stengels ist zur Blüthezeit im Herbst kaum verdickt. Sie trägt an der unteren Seite ein Büschel weisser Wurzeln und wird von einem, etwas über der Insertionsstelle der obersten Wurzeln eingefügten, kürzeren, äusseren und einem, etwas höher inserirten, verlängerten, inneren Scheidenblatte umgeben, die beide auch noch einen grossen Theil der Perigonröhre umgeben. Auf diese basalen Niederblätter folgen die im Herbste noch nicht entwickelten, sondern scheidenartig Fruchtknoten und basale Perigonröhre umgebenden Laubblätter. Sie sind spiralig an der kurzen Axe angeordnet. Das unterste derselben trägt in seiner Achsel die Knospe für den nächstjährigen blüthentragenden Stengel, das oberste die (oder, bei mehrblüthigen Exemplaren, die 2—3 obersten je eine) kurzgestielte Blüthe. Die Blüthe verwelkt im Herbst nach vollzogener Befruchtung, ohne dass die Ausbildung der Frucht schon in diesem Jahre erfolgt. Erst im darauffolgenden Frühjahre entwickeln sich die Laubblätter und wachsen über den Boden empor. Das zwischen dem

zweiten und dritten Blatte liegende Stengelglied (bei mehreren Fruchtknoten ein entsprechend tiefer liegendes) streckt sich stark in die Länge und hebt die Frucht weit über den Boden. Der zwischen dem ersten und zweiten Laubblatte liegende Stengeltheil wird im Frühjahr zum neuen Knollen, welcher am Grunde die Hauptknospe und oberwärts die Knospe des zweiten Laubblattes trägt, welche sich erst später oder gar nicht entwickelt. Die Scheide des ersten untersten Laubblattes wird zu einer derben, trockenen, dunkelbraunen, oben röhrig verlängerten und zerschlitzten, den Knollen mit der nächstjährigen blühenden Pflanze einschliessenden Hülle, welche oft mehrere Jahre bleibt und innerhalb welcher noch ein paar trockene, braune, von den Scheidenblättern herrührende Häute liegen.

Während der Entwicklung der Blätter und Frucht wird, da hierzu die vorhandenen im (alten) Knollen aufgespeicherten Reservestoffe verbraucht werden, der von den Resten des vertrockneten Stengels des zweitvorhergehenden Jahres auf dem Scheitel bekrönte Knollen allmälig entleert und stirbt ab. Die Assimilationsthätigkeit der Blätter sorgt dafür, dass der neue Knollen sich allmälig mit Reservestoffen füllt.

So trifft man also im ersten Jahre einen prall mit Reservestoffen gefüllten, die kurzgestielte Blüthe, aber keine Blätter seitlich tragenden Knollen an, im zweiten dagegen auf einem allmälig sich entleerenden Knollen neben der neuen, allmälig erstarkenden Knollenanlage den langen Stengel und die zwischen den Blättern liegende Frucht der vorjährigen Blüthe. Der fruchttragende Spross liegt also auf der Spitze des Knollen, während die Blüthe aus der seitlichen Rinne hervortritt.

Schon aus Vorstehendem geht hervor, welche Organe der Pflanze Reservespeicher katexochen sind, nämlich das Rhizom (Fig. 505), der Knollen (Fig. 506), die Zwiebel (Fig. 504) und die Wurzel für das Individuum, die Samen für die Nachkommen. Jedoch können alle überwinternden Organe und Gewebe zu Reservespeichern werden, so besonders der Stamm. Wir haben schon oben (S. 400, 403, 411, 425) gesehen, dass das Holzparenchym, Markparenchym Markstrahlengewebe gegen den Winter einen Functionswechsel durchmacht, und indem es aus einem leitenden in ein speicherndes Gewebe sich verwandelt. Und in der That, wir haben nur nöthig einen Stamm einer Eiche im Winter zu untersuchen und wir werden alle genannten Theile dicht mit Stärke erfüllt finden, die im Frühjahr nach erfolgter Belaubung alsbald wieder verschwindet, wodurch die speichernden wieder in leitende Gewebe verwandelt werden (Functionswechsel). Auch das Grundparenchym der *Sagopalme* wird am Ende der Regenzeit zum Speichergewebe für Stärke (Sago) und bei allen Palmen ist der Stamm kurz vor dem Austreiben der neuen Triebe (Palmenkohl) am stärkereichsten. Dort, wo die Blätter erhalten bleiben, bei den immergrünen Gewächsen kann auch das Blattparenchym speichern und dies geschieht auch in der That; ja sogar die Chlorophyllkörner erfüllen sich z. B. bei der Wasserpest (*Elodea*) im Winter mit Stärke (vergl. oben S. 60).

So zeigt sich denn, dass die Pflanze alle den Winter oder die trockene Zeit überlebenden Organe mit Reservematerial vollpfropft, um bei Beginn der Vegetationsperiode gerüstet zu sein. Trotzdem werden es doch immer nur die oben genannten Organe sein, die man als Reservebehälter im engeren Sinne betrachten muss.

Auch die niederen Pflanzen besitzen Reservebehälter, die den höheren ganz äquivalent sind. Als Samen fungiren hier die Sporen, als überwinternde Organe, bei den Pilzen z. B., die Sclerotien *(Claviceps purpurea)*, beide sind mit Reservestoffen (Oel) angefüllt (siehe oben S. 71).

Sehen wir uns die Reservebehälter katexochen der höheren Pflanzen näher an, so können wir zwei mehr oder weniger scharf geschiedene Systeme der Speicherung unterscheiden, das Speichersystem für Wasser, das sogenannte Wassergewebe und das Speichersystem für die plastischen Baustoffe. Da letztere als die Reservestoffe im engeren Sinne zu betrachten sind, so soll die Speicherung dieser zuerst betrachtet werden.

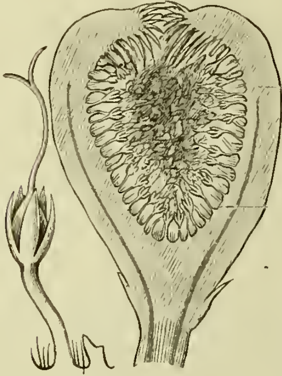
Plastische Baustoffe[1]) werden entweder in unterirdischen Organen in Rhizomen *(Rhiz. Marantae, Rhiz. Zingiberis, Rhiz. tormentillae,*

---

[1]) Siehe Anmerkung auf S. 327.

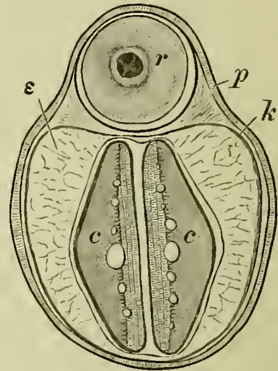
Rhiz. calami), Ausläufern *(Rad. glycyrrhizae, Rhiz. graminis)*, Wurzeln *(Rad. althaeae, Zuckerrübe, Rad. helenii, Rad. taraxaci)*, Stammknollen *(Kartoffel)*, Hauptwurzelknollen *(Tub. jalapae)*, Nebenwurzelknollen *(Salep, Aconit)*, *Zwiebeln (Bulb. scillae)*, *Knollzwiebeln*

Fig. 507.



Krugförmiges Hypanthium der Feige (*Ficus Carica*) mit den Blüthen (Berg).

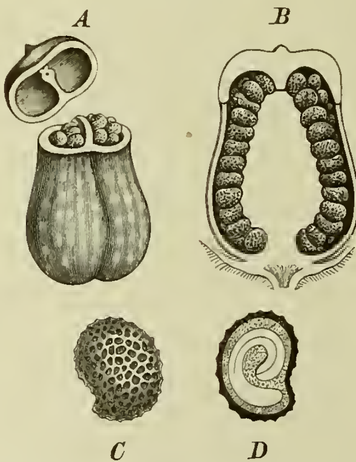
Fig. 508.



Lupenbild eines Samenquerschnittes von *Trigonella Faenum graecum*. *r* Radicula, *p* Palissaden der Samenschale, *e* Schleimendosperm, *c* Cotyledonen (Tschirch).

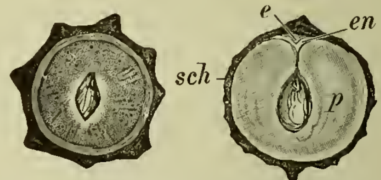
(Bulbotuber colchici) — oder in oberirdischen Organen, Stämmen *(Sagopalme)* — oder endlich im *Hypanthium* (Feige, Fig. 507), in Früchten *(Olive)* und Samen gespeichert. Bei den Samen werden die Reservestoffe

Fig. 509.



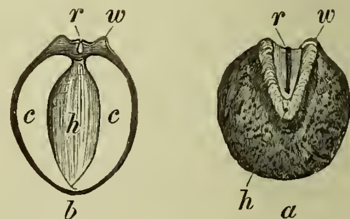
Hyoscyamus niger. *A* Kapsel in natürl. Grösse, *B* Längsschnitt derselben, *C* Samen bei Lupenvergr., *D* Same im Längsschnitt, der gekrümmte Embryo in Endosperm eingebettet (Luerssen).

Fig. 510.



Schwarzer *Pfeffer*. Links Querschnitt, rechts Längsschnitt, *sch* Fruchtschale, *e* Embryo, *en* Endosperm, *p* Perisperm (Tschirch).

Fig. 511.

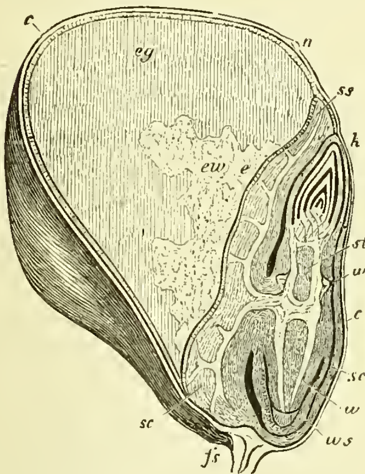


Calabarsame (nat. Gr.). *a* von oben, von der Micropylarseite her gesehen; *h* Hilum, *r* Raphe, *w* Wülste. *b* Querschnitt; *c* Cotyledonen, *h* Hohlraum.

niemals in der Testa, sondern stets entweder nur in den Cotyledonen und dem Keimling selbst *(Phaseolus, Cannabis, Amygdalus, Quercus, Cruciferen)* oder ausserdem in einem besonderen Speichergewebe niedergelegt. Dasselbe, das Eiweiss oder Albumen des Samens, entsteht nach erfolgter Befruchtung und

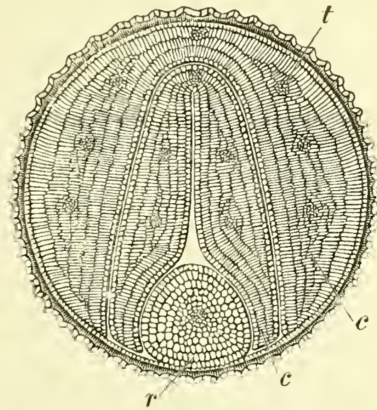
beginnender Entwicklung des Keimlings, entweder aus dem Embryosackrest und heisst alsdann Endosperm, oder es entsteht aus dem Nucellarreste und heisst alsdann Perisperm. Meist ist nur ein Endosperm vorhanden (bei *Triticum, Secale, Mais* Fig. 512, *Hyoscyamus* Fig. 509, wie überhaupt den Gräsern, *Tamarindus, Trigonella,* Fig. 508, *Ricinus)*, selten Endosperm und Perisperm (beim *Pfeffer* Fig. 510 und den übrigen *Piperaceen*, sowie bei *Elettaria, Nymphaea)*, wo dann gewöhnlich eines von beiden nur schwach entwickelt ist, ganz selten (*Canna)* ist an Stelle des Endosperms nur Perisperm vorhanden.

Fig. 512.



Längsschnitt der Frucht von *Zea Mais* (6mal vergr.). *c* Fruchtschale, *n* Ansatz der Narbe, *fs* Fruchtbasis, *eg* Hornendosperm, *ew* Mehlendosperm, *sc* Scutellum, *ss* Spitze des Scutellums, *e* Saugepithel, *k* Knospe der Plumula von dem Cotyledon bedeckt, *st* Stengelchen der Plumula, *w* Radicula u. Nebenwürzelchen, *ws* Coleorhiza (Sachs).

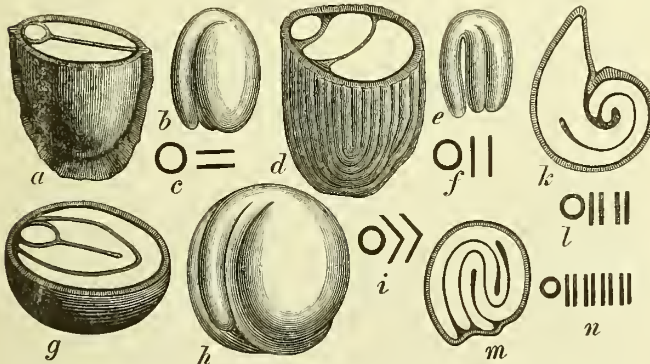
Fig. 513.



Querschnitt durch einen Samen von *Sinapis nigra*. *c* Cotyledonen, *r* Radicula, *t* Procambiumstrang (Tschirch).

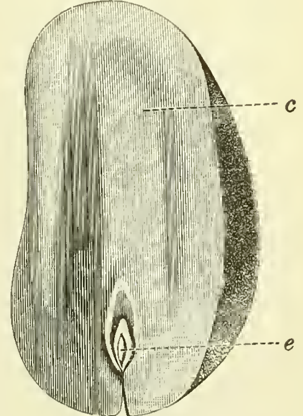
Bei den Gymnospermen entsteht das Endosperm schon vor erfolgter Befruchtung und ist als Prothallium aufzufassen.

Fig. 514.



Embryonen von *Cruciferen* (Endosperm fehlt). *a* Same, *b* Embryo von *Cheiranthus Cheiri*, *c* Zeichen für die Lage des Keimlings *(Pleurorhizae)*. *d—f* Typus der *Notorhizae* an *Sisymbrium Alliaria*. — *g—i* Typus der *Orthoplocae* an *Sinapis* (Fig. 513). — *k—l* Typus der *Spirolobeae* an *Bunias*. — *m—n* Typus der *Diplicolobeae* an *Heliophila* (Luerssen).

Fig. 515.



Colasame. *c* Cotyledonen, *e* Keimling (Hartwich).

Dort, wo starkes Endosperm, bez. Perisperm entwickelt ist, pflegen die Cotyledonen nur zart zu sein und gar keine oder nur wenige Reserve-

stoffe zu speichern *(Gramineen, Palmen, Piperaceen, Ricinus)*. Selten sind die Cotyledonen auch hier ebenfalls mehr oder weniger dick. Letzteres scheint nur dann der Fall zu sein, wenn das Endosperm ausschliesslich oder fast ausschliesslich Kohlehydrate enthält, so dass die Cotyledonen und die Radicula Eiweiss speichern müssen. Diese Arbeitstheilung findet sich bei vielen *Leguminosen (Tetragonolobus, Tamarindus)*. Doch gibt es besonders bei letzterer Familiengruppe alle Uebergänge von fehlendem Endosperm *(Lupinus)*, bis zu mächtig entwickeltem *(Trigonella, Tamarindus)* und dementsprechend verschiedener Ausbildung der Cotyledonen.

Fig. 516.

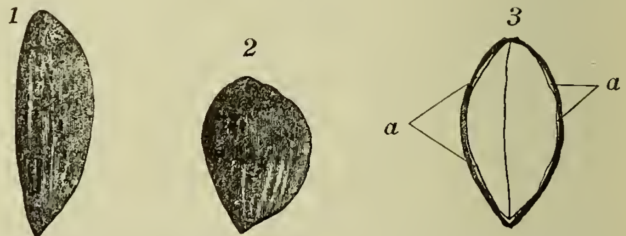


Querschnitt durch zwei *Cacao*samen, die verschiedenartige Faltung der Cotyledonen zeigend (Tschirch).

Fehlt Endosperm, bez. Perisperm, oder ist dasselbe nur sehr schwach entwickelt, so pflegen die Cotyledonen dick-fleischig zu sein *(Phaseolus, Pisum, Quercus, Amygdalus* Fig. 517, *Cacao* Fig. 516, *Physostigma* Fig. 511, *Cruciferen* Fig. 513, 514, *Cola* Fig. 515).

In nahezu allen Reservebehältern bildet das Speichergewebe zwar das charakteristische und bei Weitem überwiegende, aber doch nicht ausschliessliche Gewebesystem. Vielmehr sind die Reservebehälter mit einem Hautgewebe umgeben, von Leitbündeln (oder Procambiumsträngen) durchzogen, bisweilen sogar durchlüftet, aber diese Gewebe treten ganz in den Dienst der Speicherorgane und ordnen sich durch starke Rückbildung der Hauptfunction oft derartig unter, dass z. B. die Gefässbündel (bes. deren wasserleitende Theile) überall dort nur als ganz zarte Stränge entwickelt werden, wo, wie bei den seitlichen Reservebehältern (Stamm- und Wurzelknollen), der Strom des Wassers nicht das Organ zu passiren hat *(Salep, Aconitknollen, Kartoffel)*. Dort freilich, wo, wie bei den Rhizomen und Wurzeln, der Wasserstrom das Speicherorgan passiren muss, sind die Bündel normal entwickelt und der Charakter des Reservebehälters kommt nur durch eine starke Vermehrung, sei es des Grundgewebes *(Rhiz. zingiberis, Zedoariae)*, sei es des Phloëmparenchyms *(Rad. taraxaci)* oder Holzparenchyms *(Tub. jalapae, Rad. althaeae)* zum Ausdruck.

Fig. 517.

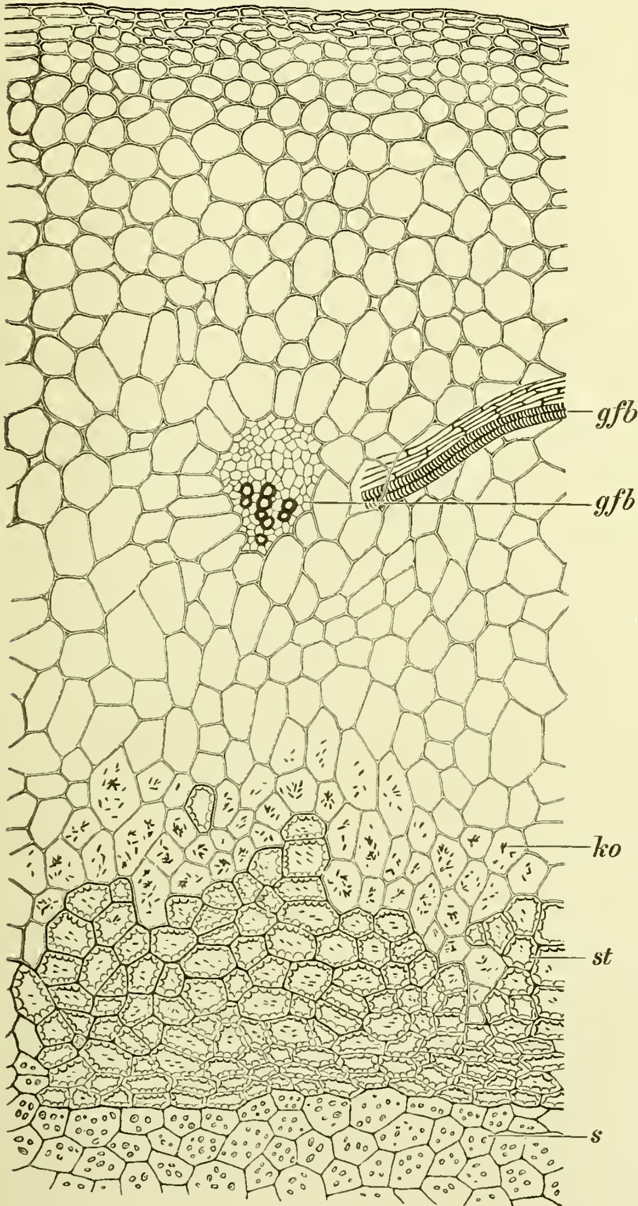


Amygdalae. *1.* Eine Provencer Mandel.— *2.* Eine Pugliser Mandel — *3.* Eine Mandel im Durchschnitt (Hartwich).

Allein auch hier kommt in dem, bei den Speicherrhizomen der Monocotylen sehr häufigen, concentrischen Bündel mit grossem, centralem Siebtheil und schmalem Kranz kleiner Gefässe die Rückbildung des Wasserleitungssystems schön zum Ausdruck *(Rhiz. iridis* Fig. 421, *Rhiz. calami* Fig. 414).

Selbst die Cotyledonen sind von Gefässbündeln oder deren Anlagen (Procambiumsträngen) durchzogen, die freilich (solange der Same ruht) auch vorwiegend der Stoffspeicherung dienen. Nur das Endosperm und Perisperm ist ganz ausschliesslich Speichergewebe. Es zeigt weder ein typisches Hautgewebe, noch Leitbündel oder deren Anlagen, noch Haarorgane, noch Durchlüftung. Die Zellen schliessen dicht aneinander und sind dicht mit Reservematerial erfüllt. Das Endo- und Perisperm ist also ein Speichergewebe ausgesprochensten Charakters.

Fig. 518.



Querschnitt durch eine *Cynipiden*galle von *Quercus infectioria* (Gallae haleppenses). *gfb* Gefässbündel, *ko* Calkoxalatschicht, *st* Sclereïdenpanzer, *s* Nährschicht (Tschirch).

Auch das mechanische System tritt bei den typischen und ausschliesslich der Speicherung dienenden Reservebehältern ganz (Endosperm) oder fast ganz zurück.

Nur das Hautgewebe wird der Regel nach normal entwickelt, da es als Schutzgewebe sowohl gegen Austrocknen *(Kartoffelknollen)* als gegen mechanische Verletzungen (Samen) nothwendig ist.

Bei den Cotyledonen findet in einigen Fällen ein eigenthümlicher Functionswechsel statt. Bei allen epigäen Keimpflanzen nämlich, d. h. denen, deren Cotyledonen nach erfolgter Keimung nicht abgeworfen werden, sondern über den Boden treten und ergrünen, wird das cotyledonare Speichergewebe, nachdem sein Inhalt entleert ist, zum Assimilationsgewebe (epigäe Bohnen, *Linum)*.

Ein sehr schönes Beispiel für ein vorübergehendes Speichergewebe, zum Zwecke der Ernährung eines mit der Pflanze symbiotisch vergesellschafteten Thieres, bietet die sog. Nährschicht der Gallen.

Bei den kleinasiatischen Gallen wird z. B. innerhalb der harten Sclerenchymschale ein dünnwandiges Gewebe entwickelt, welches sich mit Stärke füllt (Fig. 518 *s*), die dann später von dem Thiere, in diesem Falle der Cynipide, vollständig aufgezehrt wird.

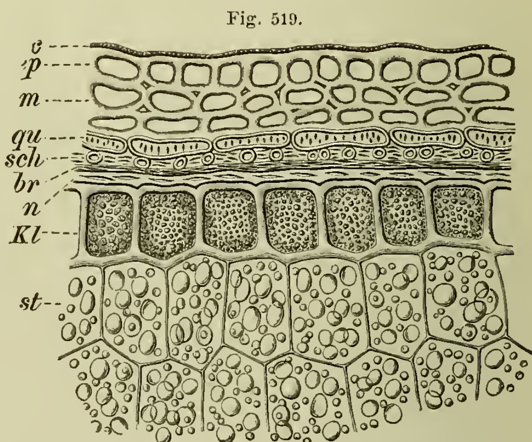
Welches sind nun die plastischen Reservestoffe?

Dieselben zerfallen in drei Gruppen. In die Kohlehydrate. die Fette und die Eiweisskörper im weitesten Sinne, also in stickstofffreie und stickstoffhaltige.

Die Kohlehydrate treten entweder in Form von Inhaltsbestandtheilen oder als Membranverdickungen auf.

Der wichtigste Reservestoff dieser Gruppe ist die Stärke (s. S. 75). Dieselbe findet sich sowohl in Rhizomen (*Rhiz. zingiberis. Maranta*, *Rhiz. calami*, *Rhiz. veratri)*, als auch in Stammknollen (*Kartoffel)*, in Hauptwurzelknollen (*Jalape)* und Nebenwurzelknollen (*Salep*, *Aconit)*, sie findet sich ferner in zahlreichen Ausläufern (*Rad. glycyrrhizae)*, *Zwiebeln (Tulpe* und anderen *Liliaceen)*, Wurzeln (*Rad. althaeae*, *Rad. angelicae)*, in Stammorganen (*Sagopalme)* und Samen, und zwar sowohl im Endosperm (*Triticum*, *Secale*, *Avena)*, als im Perisperm (*Pfeffer*, *Cubebe*, *Cardamomen)*, als in den Cotyledonen (*Phaseolus*, *Pisum*, *Quercus)*, die Zellen derselben für gewöhnlich dicht gehäuft erfüllend (*Triticum* [Fig. 519 *st*], Mehlendosperm des *Mais* [Fig. 512]) oder so fest an einander gelagert, dass sich die Körner lückenlos berühren und der Same hornartig hart wird (Hornendosperm des *Mais*, *Reis* und *Pfeffer*, Fig. 55 *c*).

Fig. 519.



Querschnitt durch die Randpartie der Weizenfrucht. *ep* Epidermis, *m* Mittelschicht, *qu* Querzellen, *sch* Schlauchzellen, *kl* Kleber-(Oel-)schicht, *st* stärkeführendes Endosperm (Tschirch).

Die Gewebe, in denen die Stärke locker gehäuft liegt, sehen wegen der zwischen den Körnern befindlichen Luft[1]) weiss und mehlig aus, die Hornendosperme sind glasig und durchsichtig.

Die Stärke erfüllt die Zellen entweder allein oder nahezu allein, d. h. es sind ausser ihr nur geringe Plasmareste und der Zellkern vorhanden (Mehlendosperm der Cerealien und des *Pfeffer*, *Maranta*- und *Zingiberaceen*rhizome, *Kartoffel*, *Sago*parenchym, *Angelica*wurzel, *Rad. althaeae, Jalapen*knollen, *Orchis*knollen, *Calmus*rhizom), oder es finden sich neben Stärke noch andere Substanzen abgelagert, wie Aleuron (*Tonkobohne*, *Myristicasamen, Cacaosamen*, *Phaseolus, Pisum)* oder andere Eiweisskörper (äussere kleberführende Partie des Cerealienendosperms), Fett (*Myristicasamen, Tonkobohne*, *Cacaosame, Kaffeeendosperm)*, oder andere Substanzen. Bisweilen prävaliren diese auch derartig, dass der Stärkegehalt stark in den Hintergrund tritt (Cotyledonen von *Faenum graecum*, *Cacao*samen, *Kaffee*endosperm).

Bei der Keimung der Samen und der Entleerung der unter- und oberirdischen Reservebehälter im Frühjahr wird die Stärke aufgelöst

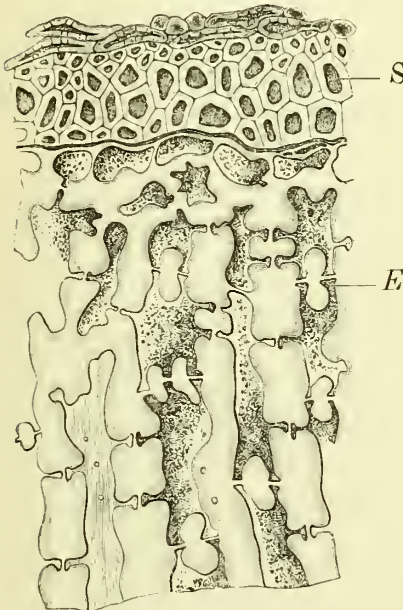
[1]) Die Farbe der Stärkemehle und Mehle des Handels sind aus demselben Grunde weiss.

(S. 90) und der Reservebehälter geht entweder zu Grunde (Endosperm der Samen, Knollen) oder bleibt erhalten und füllt sich im nächsten Herbst von Neuem (Rhizome, Wurzeln).

Der zweitwichtigste Reservestoff aus der Classe der Kohlehydrate ist die Cellulose (S. 171) und der Schleim (S. 132, 193), die in zahlreichen Uebergängen zu einander als Reservematerial, allerdings fast ausschliesslich in Samen, abgelagert werden.

Cellulose[1]) tritt stets nur in Gestalt von Wandverdickungen auf, die bei der Keimung aufgelöst werden, so im Endosperm zahlreicher *Palmen (Dattel*, Fig. 521 *Phytelephas macrocarpa*, Fig. 520), aber auch anderen, besonders langsam keimenden Pflanzen *(Strychnos nux vomica)*, bei denen andere Reservestoffe schnell verderben würden. Bei diesen ist die Membran der Zellen ausserordentlich stark verdickt und wird in toto, also inclusive der primären Membran und ihrer unmittelbaren Auflagerungsschichten bei der Keimung gelöst.

Fig. 520.



Same von *Phytelephas macrocarpa (Steinnuss)* im Querschnitte; *S* Testa, *E* Endosperm (Möller).

Dort, wo Cellulose in Form von secundären Wandverdickungen in den Zellen von Cotyledonen, die nach erfolgter Keimung über die Erde treten und ergrünen (epigäe Cotylen), auftritt, werden bei der Keimung diese secundären Verdickungsschichten gelöst und die primäre Membran, sowie ihre unmittelbaren Auflagerungsschichten bleiben erhalten. Die Zelle bleibt also am Leben und geht nicht zu Grunde *(Lupinus angustifolius, Tropaeolum)*.

Bisweilen sind die bei der Keimung sich lösenden secundären Membranverdickungsschichten der Cotyledonar- oder Endospermzellen in Form von Amyloid (S. 173) vorhanden, werden also durch Jod gebläut *(Lupinus, Balsamina, Tamarindus, Paeonia, Sabadilla)*.

Unmittelbar an die Cellulose schliesst sich der Membranschleim (vergl. S. 193) an, der ebenfalls in Form secundärer Membranverdickungsschichten auftritt, aber auf Jodschwefelsäure meist nicht mehr oder doch nur schwach blau reagirt.[2]) Diese Schleimverdickungsschichten der Membran finden sich besonders in dem Schleimendosperm der Leguminosensamen *(Trigonella* Fig. 192, *Tetragonolobus, Genista, Cassia* Fig. 523, *Ceratonia Siliqua* Fig. 522), die Zellen sind hier fast ausnahmslos ausserordentlich stark, oft bis zum Verschwinden des Zelllumens *(Trigonella)* verdickt, bisweilen verschleimt selbst die primäre Membran *(Ceratonia)*. Bei der Keimung werden, wie Versuche von mir und Nadelmann zeigten, diese Schleimmembranen in toto gelöst und stellen ihr Kohlehydrat der Keimpflanze zur Verfügung. Sehr bemerkenswerth ist es, dass bei den Leguminosen überall dort derartige Schleimendosperme vorkommen, wo die Membranen der Cotyledonarzellen dünnwandig sind und Stärke

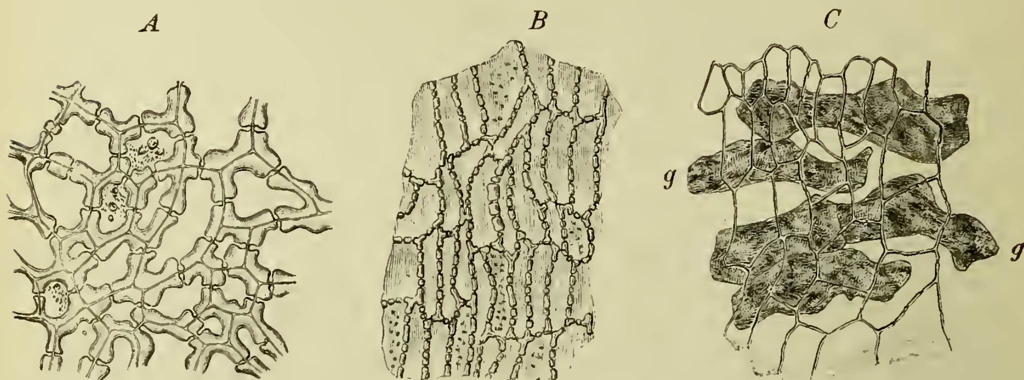
[1]) Das verwandte Cellulin, ein von Pringsheim bei den Pilzen beobachteter Reservestoff, tritt in Körnerform auf.

[2]) Es gibt hier alle Uebergänge, von reinem blau bis gelb.

im Inhalt der Cotylenzellen fehlt oder nur spärlich auftritt. Es besteht also hier eine directe Wechselbeziehung in der Aufspeicherung des Kohlehydrates.

In den Zellen, welche Schleimmembranen oder Celluloseverdickungen enthalten, die sich bei der Keimung lösen, finden sich ausnahmslos mehr

Fig. 521.

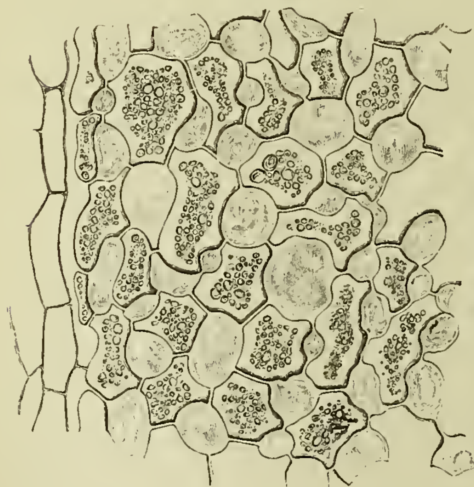


Gewebe der *Dattelkerne*. *A* Endosperm, die Zellen mit Cellulosewandverdickungen; *B* Oberhaut; *C* Parenchym der Samenschale mit den Gerbstoffschläuchen *g*. Vergr. 160 (Möller).

oder weniger grosse Mengen Proteïnsubstanzen (Aleuron, Plasma) und meist auch fettes Oel.

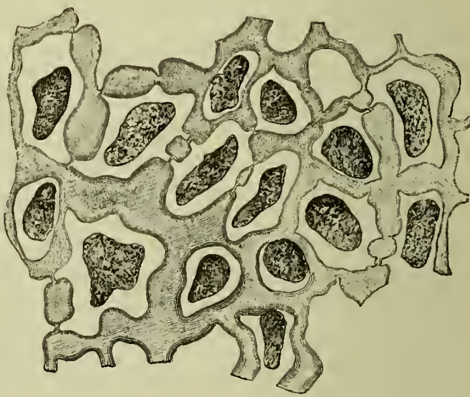
Ob auch die Membranschleime in den *Malvaceen*wurzeln *(Rad. althaeae)* und den Rinden *(Cort. frangulae, Cort. cinnamomi)* Reservestoffe sind, also unter Umständen verbraucht werden, bleibt noch zu untersuchen. Es scheint fast so, denn ich fand oftmals die Schleimzellen leer.

Fig. 522.



Endosperm des Johannisbrod-Samens (*Ceratonia Siliqua*), die Zellen mit Schleimmembranen (Möller).

Fig. 523.



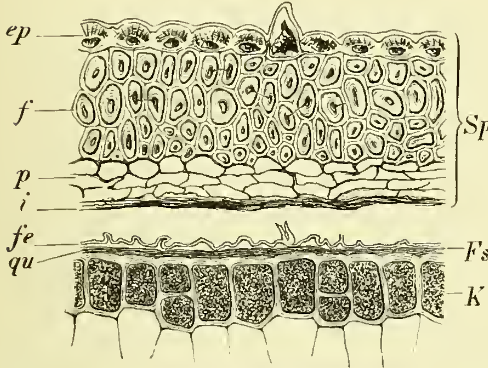
Endosperm des *Cassia*samen, die Zellen mit Schleimmembranen (Möller).

An die Membranschleime schliessen sich alsdann die im Ganzen viel selteneren Schleime des Zellinhaltes (S. 132) an. Dieselben treten als Reservestoff in besonderen Zellen, z. B. der *Orchis*knollen (*Salep*) oder, im ganzen Gewebe vertheilt, in zahlreichen Zwiebeln *(Allium Cepa, Bulbus*

scillae), einigen Rhizomen *(Rhiz. tritici:* Triticin) und in der *Symphytum*-wurzel auf. Sie werden, wie ich mich wenigstens beim *Orchis*knollen überzeugte, beim Austreiben der Pflanze und der Entleerung der Reservebehälter gleichfalls gelöst.

Der Zucker (S. 121) tritt wohl hauptsächlich wegen seiner leichten Löslichkeit nur selten als Reservestoff auf, denn die Reservestoffe überhaupt, wie die aus der Gruppe der Kohlehydrate insbesondere, werden, da sie längere Zeit aufbewahrt werden müssen, vornehmlich die consistenteren Formen — Cellulose, Stärke — wählen, immerhin findet er sich in geringer Menge oft, in grösserer und als ausschliesslicher Reservestoff aber hauptsächlich nur in der Zuckerrübe, ferner neben anderen Substanzen in einigen Zwiebeln *(Allium Cepa)*, Ausläufern *(Rhiz. graminis)* u. and.

Fig. 524.

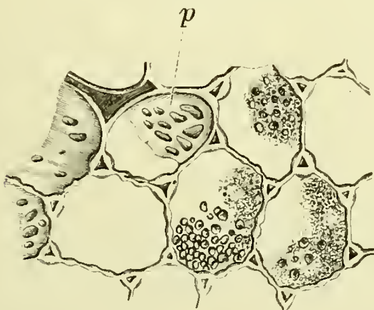


Querschnitt durch die bespelzte *Haferfrucht*. *Sp* die Spelze mit der Oberhaut *ep*, der Faserschicht *f*, dem Parenchym *p* und der inneren Oberhaut *i*; *Fs* die Frucht- und Samenhaut mit der Oberhaut *fe* und der Querzellenschicht *qu*; *K* die Kleber-(Oel-)schicht des Endosperms. — Vergr. 160 (Möller).

Bei den Pilzen scheint der Zucker ganz allgemein durch Glycogen (S. 132) als Reservestoff vertreten zu werden.

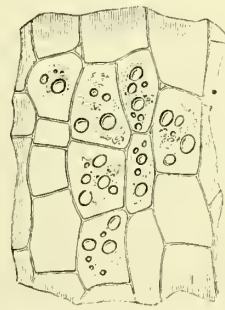
Wie der Zucker ist auch das Inulin (s. S. 116) im Zellsaft gelöst, welches die Stärke bei den *Compositen* und Verwandten als Reservestoff vertritt. Er findet sich besonders reichlich in *Rhiz. helenii*, *Rad. taraxaci*, *Rad. bardannae*, den *Dahlia*- und *Helianthus*knollen und kristallisirt beim Einlegen der frischen Pflanzen in Alkohol in Form von Sphärokristallen aus, in den Drogen findet er sich selten in solchen, meist in Form eckiger Massen. Das Inulin wird in den Reservebehältern nicht von anderen Substanzen begleitet.

Fig. 525.



Endosperm der *Lupine*; *p* poröse Membran, in den Zellen Oeltröpfchen und Eiweissgerinnsel [zersetztes Aleuron] (Möller).

Fig. 526.



Endosperm der *Parkia* mit Fetttropfen und Eiweiss (Möller).

Das fette Oel und Fett (s. S. 69) ist ein sehr verbreiteter Reservestoff. Er findet sich als der neben dem Glycogen wichtigste Reservestoff besonders in den Reservebehältern der Cryptogamen, z. B. den Sporen *(Lycopodium*, Brandsporen), den Sclerotien der Pilze *(Secale cornutum)* und tritt bei den höheren Pflanzen sowohl in unterirdischen Reservebehältern (selten), als namentlich in Samen sehr reichlich auf. Es findet sich hier

sowohl im Endosperm, und zwar entweder in allen Zellen desselben *(Ricinus, Parkia* [Fig. 526], *Coffea, Myristica)* oder nur in einer besonderen Schicht („Kleber- oder Oelschicht" der Gramineen, *Trigonella)* — ferner in den Cotyledonen (*Cacao, Lupinus* [Fig. 525], *Cruciferen*), tritt aber niemals, wie Stärke und Zucker, allein auf, sondern meist in Gesellschaft anderer Substanzen, besonders Aleuron oder Plasma. Bei den aleuronhaltigen Samen ist z. B. fettes Oel stets an das Plasma, in welches die Aleuronkörner eingebettet sind, eingelagert. Neben Aleuron und Stärke findet sich Fett bei der *Muscatnuss,* dem *Cacaosamen,* der *Tonkobohne.*

Auch andere Substanzen, wie Cholesterin (*Olive* und *Mandel*) und Farbstoffe *(Ol. cocos)* begleiten das Fett oftmals.

Von den stickstoffhaltigen Reservesubstanzen sind es besonders die geformten Eiweisssubstanzen, die sehr häufig gespeichert werden, weniger die wasserlöslichen Körper — wie Asparagin *(Rad. althaeae,* Knollen) — oder die ungeformten, wie Kleberproteïn (Cerealien), Protoplasma (Hartplasma) u. a. Die geformten treten, so verschieden auch ihr chemischer Charakter sein mag, stets in Gestalt von Aleuronkörnern (s. S. 41) mit und ohne Einschlüsse auf. Aleuron findet sich sowohl im Endosperm (*Ricinus, Myristica)* als in den Cotyledonen (*Bohne, Cruciferen, Cacao*), als in beiden *(Linum, Cydonia, Umbelliferen*). Es gibt wohl kaum einen Keimling nebst seinen Cotyledonen, der es nicht enthielte. Es ist also verbreiteter als selbst die Stärke und, neben den Fetten, der verbreitetste Reservestoff, wenigstens in den Samen. Selbst die stärkehaltigen Samen enthalten meist, wenigstens in einer Schicht Aleuron (*Cerealien*: Kleberschicht, Fig. 519 und 524); begleitet wird Aleuron stets von fettem Oel oder Fett.

Auch andere Substanzen, so besonders die Glycoside (Amygdalin, Myrosin) und wohl auch der Gerbstoff[1]) scheinen eine Rolle als Reservestoffe zu spielen, doch ist dieselbe im Einzelnen noch wenig erforscht. Zu berücksichtigen ist stets, dass ein Stoff nur dann Reservestoff ist, wenn er nach längerer Ruhe wieder verbraucht wird.

Ueber die Vertheilung der Reservestoffe gibt Haberlandt nachfolgende Tabelle:

A. Die Speicherung aller Reservestoffe erfolgt in ein und demselben Gewebe, und zwar:
- I. Blos im Lumen der Zellen; dabei kommt es zu folgenden Combinationen:
  1. Eiweisssubstanzen: Protoplasma; stickstofflose Reservestoffe: im Zellsaft gelöster Zucker *(Runkelrübe, Küchenzwiebel).*
  2. Protoplasma — Stärke (*Kartoffelknollen,* viele Rhizome).
  3. Proteïnkörner — Stärke (Cotylen der *Bohne, Erbse, Linse*).
  4. Proteïnkörner — fettes Oel (Endosperm von *Ricinus,* Cotylen von *Soja. Lupinus* etc.).
- II. Die Speicherung erfolgt theils im Lumen, theils in den Wänden der Zellen.
  5. Proteïnkörner — fettes Oel im Lumen; Cellulose in Form verdickter Zellwände (Endosperm von *Phytelephas macrocarpa, Phoenix dactylifera, Coffea arabica).*

B. Die Speicherung der Reservestoffe erfolgt in zwei Gewebearten.
  6. Ein grosser Theil der Eiweisssubstanzen ist in Form von Proteïnkörnern in einer oder mehreren peripherischen Zellschichten abgelagert, welche als Kleberschichten bezeichnet werden. Der kleinere Theil dagegen füllt sammt der Stärke das Binnengewebe (Endosperm der meisten Gräser).

Auch Godfrin's[2]) Tabelle mag an dieser Stelle einen Platz finden.

A. Samen ohne Albumen (Endosperm).
- I. Fleischige Cotylen.
  - *a)* Stärke oder Stärke und Oel.
    - α) Stärke *(Quercus, Castanea, Laurus tomentosa, Viola, Caryophyllus aromatic., Paullinia sorbilis).*
    - β) Stärke und Oel *(Aesculus).*

---

[1]) Die immergrünen Blätter speichern im Winter viel Gerbstoff (Haberlandt).

[2]) Godfrin, Recherches sur l'anatomie comparée des Cotylédons et de l'Albumen. Ann. sc. nat. T. XIX, 6. Ser., S. 1.

b) Aleuron.

α) Zellwände Cellulose.

1. Aleuron und Oel *(Citrus Aurantium, Laurus Camphora, Ulmus campestris, Lupinus albus).*
2. Aleuron und Stärke *(Dolichos pruriens, Physostigma, Phaseolus, Ervum).*
3. Aleuron, Stärke und Oel *(Arachis, Dipterix, Pistacia, Laurus nobilis, Anacard. occidental, Semecarpus Anacard., Cacao).*

β) Zellwand Amyloid.

1. Aleuron und Oel *(Schotia latifol., Tamarind. indica, Balsamina hortens. Tropaeolum maj.).*
2. Aleuron, Stärke und Oel *(Mucuna urens).*

II. Blattartige Cotylen.

a) Aleuron und Oel *(Punica granatum, Cucurbita Pepo, Casuarina quadrivalv., Tagetes stricta).*

b) Aleuron und Stärke *(Hedysarum sibiricum).*

B. Samen mit Albumen, Endosperm (resp. Perisperm); in den Cotylen stets Aleuron.

I. Fleischige Cotylen.

a) Aleuron, Albumen stärkeführend *(Arum italicum).*

b) Aleuron und Oel.

α) Albumen stärkeführend *(Amygdalus commun., Prun. domestic., Prunus Cerasus, Juglans, Pirus).*

β) Albumen mit Reservecellulose *(Phoenix dactylifera, Phytelephas macrocarp.).*

c) Aleuron, Stärke und Oel, Albumen stärkeführend *(Mais).*

II. Blattartige Cotylen.

a) Zellwände aus Cellulose.

α) Nur Aleuron, Schleimendosperm *(Trigonella Faen. graec., Gleditschia triacanthos, Bauhinia purpur.).*

β) Aleuron und Oel.

1. Albumen aleuron- und ölführend *(Croton, Ricinus, Styrax offic., Solanum, Ruta, Anamirta Cocculus, Berberis, Viola odorat.).*
2. Albumen stärkeführend *(Saponaria offic., Sterculia, Mirabilis).*
3. Albumen mit Reservecellulose (*Ignatia amara, Strychnos Nux vomica, Anona, Delphinium Staphisagria, Diospyros pubescens, Fraxinus excelsior).*
4. Albumen mit Amyloidwänden *(Sideroxylon atrovirens).*
5. Schleimendosperm *(Cassia Fistula).*

b) Zellwand Amyloid, Aleuron und Oel in Cotylen und Albumen *(Linum usitatissimum, Sesamum indicum).*

Wie vergleichende Untersuchungen lehren, vertreten sich bei der Speicherung die Kohlehydrate und das Fett untereinander, sowie die geformten und ungeformten stickstoffhaltigen Baumaterialien. Es gilt z. B. als, freilich nicht ausnahmslose, Regel, dass, wo Schleim, Zucker, Inulin oder Oel vorhanden ist, Stärke und wo Asparagin vorhanden, Eiweiss fehlt.[1]

Dort, wo die Cotyledonen selbst die Reservestoffe enthalten, stehen die letzteren der Pflanze ohne weiteres unmittelbar zur Verfügung, wo dieselben aber in besonderen Speichergeweben, z. B. im Endosperm, abgelagert sind, müssen sie zum Keimling hingeleitet werden. Oftmals zeigen alsdann die Zellen des Endosperms eine, gegen den Keimling gerichtete, sehr entschiedene Streckung *(Foeniculum).*

Der Schutz des Speichergewebes gegen Beschädigung, namentlich durch Thiere und Pilze, wird entweder durch den Bau desselben selbst — harte, dickwandige Zellmembranen *(Colchicum, Sabadilla, Plantago, Strychnos nux vomica, Rubiaceen)* — oder durch eine harte Samenschale („Hartschichte") erzeugt. Letztere zeigt sowohl Einrichtungen auf radialem Druck als auch biegungs- und zugfeste Einrichtungen (s. S. 305). Wo das Endosperm dickwandig ist, pflegt die Samenschale nur dünn zu sein. Auch die unterirdischen Reservebehälter sind dann und wann mit mechanischen Einrichtungen ausgerüstet, so einige Knollen *(Cyperus esculentus)* und viele Wüstenzwiebeln (F. v. Tavel).

Einen besonderen Platz nimmt das Speichergewebe des W a s s e r s, das W a s s e r g e w e b e, ein. Bei zahlreichen Pflanzen nämlich erweist es

[1]) Vergl. auch Haberlandt, Anatomie, S. 288.

sich als nothwendig, dass Wasser in grösserer Menge, als der augenblickliche Bedarf erfordert, in den Vegetationsorganen aufgespeichert wird. Dies gilt natürlich in erster Linie von Pflanzen trockener Klimate oder Standorte[1]) oder epiphytisch, d. h. auf anderen lebenden, sowie solchen Pflanzen, die grosse Transpirationsflächen besitzen. Besonders viele *Bromeliaceen, Aloë*arten, *Begonien, Peperomien, Orchideen, Scitamineen, Maranta* zeigen ein wohl charakterisirtes Gewebe zur Speicherung des Wassers. Dasselbe ist entweder ein oberflächliches, also peripherisches, und tritt alsdann in Gestalt eines mehr weniger vielreihigen Hypoderms (S. 152) auf, oder es ist ein centrales, oder es durchsetzt andere Gewebe. Ein hypodermatisches Gewebe[2]) findet sich bei vielen Blättern (*Ficus, Peperomia, Bromeliaceen*). Hier liegt meist unter der Epidermis der Blattoberseite ein, aus gewöhnlich vielen Reihen dünnwandiger, radialgestreckter Zellen bestehendes Gewebe, dessen Elemente fast nur von Wasser oder einer wässrigen Lösung erfüllt sind. Auch bei den einrollbaren Blättern zahlreicher Steppengräser findet sich in den Gelenken ein zugleich als Gelenkpolster fungirendes, epidermales oder epidermales und hypodermales Wassergewebe (*Stipa tenacissima*). Central gelegen ist das Wassergewebe bei den dicken, fleischigen Blättern von *Aloë* (Fig. 204), *Agave, Mesembryanthemum*, wo es, rings von einer schmalen Zone Assimilationsgewebe umschlossen, die Hauptmasse des Querschnittes ausmacht. Für gewöhnlich verlaufen die Leitbündel an der Grenze von Assimilations- und Wassergewebe. Viel seltener kommt es vor, dass einzelne wasserführende Zellen das Chlorophyllgewebe durchsetzen. Derartige Idioblasten finden sich bei einigen *Orchideen*blättern.

Schon bei dem centralen Wassergewebe der *Aloë*blätter tritt als unterstützendes Moment ein relativ starker Schleimgehalt des Zellinhaltes im Wassergewebe hervor. Wie bekannt, verdunstet nämlich eine Schleimlösung sehr viel langsamer als reines Wasser und zieht, je concentrirter sie wird, um so mehr Wasser aus der Atmosphäre an.[3]) Da das Wassergewebe nur den Zweck verfolgt, der Pflanze für die Zeiten des Wassermangels Wasser zur Verfügung zu halten, so wird es diesen Zweck um so besser erreichen, je mehr es Wasser zurückzuhalten im Stande ist und je langsamer es dasselbe wieder abgibt. Beides wird durch einen Schleimgehalt erzielt. Es ist demnach nicht überraschend, dass gerade die Zwiebelgewächse, die fast sämmtlich ein trockenes Klima vertragen, in ihren unterirdischen Organen, manche sogar auch in den oberirdischen, reichlich Schleim enthalten. Und in der That sind besonders die Schalen der Zwiebeln durch Schleimreichthum ausgezeichnet (*Bulbus Scillae, Bulbus Cepae* u. a.). Hier spielt der Schleim die doppelte Rolle, Wasser zurückzuhalten und auch seinerseits als Reservestoff zu dienen.[4])

Als einen Reservestoff haben wir aber auch das Wasser in allen diesen Fällen aufzufassen, denn seine Anhäufung in grösserer Menge, als es der augenblickliche Bedarf erfordert, charakterisirt es als einen solchen.

Bei zahlreichen, an Trockenheit angepassten Succulenten (*Cacteen, Crassulaceen*) erfüllt der Schleim auch die Zellen des Assimilationsgewebes.

Bisweilen kommt es nun aber auch vor, dass der wasserspeichernde Schleim nicht im Zellinhalt gelöst ist, sondern in Form von Membranverdickungen auftritt. Einen sehr schön ausgeprägten Fall der Art finden

---

[1]) Vergl. auch Volkens, Flora d. egypt.-arabischen Wüste. Sitzungsber. d. Berliner Akademie. 1886 („Wasserknollen").

[2]) Vergl. die bei Haberlandt (Anatomie, S. 293) citirte Literatur des Gegenstandes.

[3]) Pulver der schleimreichen *Bulbus Scillae* ist bekanntlich kaum trocken zu erhalten und wird bald wieder feucht.

[4]) Der Schleim in den Zellen der *Orchisknollen* und der Membranschleim der Schleimendosperme ist wohl in erster Linie Reservestoff und scheint mit der Wasserspeicherung nichts zu thun zu haben.

wir bei den *Buccublättern*, wo unter der Epidermis eine Reihe von Zellen liegt, die ihre Membran bis zum Verschwinden des Lumens verdickt haben und die beim Austrocknen sich langsam blasebalgartig zusammenziehen, um sich bei Wasserzufuhr auf das Doppelte zu strecken (s. S. 252). Ueberhaupt zeigen alle hypodermalen Wassergewebe dieses blasebalgartige Spiel.[1])

Den ausserordentlichen Wasserreichthum in zahlreichen Früchten, z. B. den *Cucurbitaceen*, glaubt HABERLANDT darauf zurückführen zu dürfen, dass z. B. die Früchte der steppenbewohnenden Kürbisfrüchtler durch ihren grossen Wassergehalt ein feuchtes Keimbett für die keimenden Samen schaffen.

Einen sehr bemerkenswerthen Fall eines Wassergewebes finden wir aber bei der Mehrzahl der Samen. Wenn man Samen anatomisch untersucht, so findet man fast regelmässig, meist unter der sogenannten Hartschichte, d. h. der sclerenchymatischen Hülle, eine Zone, die in den Lehrbüchern als „collabirt, obliterirt“ oder dergl. beschrieben wird *(Lupinus luteus)*. Diese Zone obliterirter Zellen ist aber nur im reifen Samen in diesem Zustande vorhanden, im unreifen Samen sind die Zellen ganz normal ausgebildet, führen reichlich Wasser, Stärke, ja sogar Chlorophyllkörner. Diese Schicht, der ich ganz conform mit dem oben Ausgeführten den Namen „Wassergewebe“ oder, da sie im unreifen Samen stets transitorische Stärke führt, „Nährschicht“, gegeben habe, dient dazu, den reifenden Samen mit Wasser und Nährstoffen zu versorgen und seine völlige Entwicklung zu sichern. Sobald der Same reif geworden ist, fällt diese Schicht für gewöhnlich so stark zusammen, dass — wie beim Keratenchym (s. S. 346) — die Zelllumina nur als zarte Linien noch erkennbar sind (Fig. 194, 195, 196, 350). Bei *Lupinus luteus*, wo ich ihr Verhalten beim Reifen genau verfolgt habe, sinkt in Folge dessen die Dicke der Samenschale beim Reifen des Samens auf die Hälfte herab.

Für die Sicherung der Keimung der Samen ist aber auch sehr häufig ein oberflächliches Schleimgewebe („Quellschichte“) entwickelt *(Linum, Plantago, Sinapis, Cydonia)*. Dasselbe besteht aus der Epidermis, deren Zellen aus Membranschleim bestehende Membranverdickungsschichten besitzen (Fig. 194—196). HABERLANDT[2]) sieht die Aufgabe dieser Schleimepidermen der Samen „weniger in einer Beschleunigung des Quellungsprocesses, als vielmehr in der Sicherstellung desselben“. KLEBS fasst die Aufgabe derselben anders auf (S. 206). Experimentelle Untersuchungen haben mir gezeigt, dass, wenigstens bei *Linum*, die Schleimepidermis offenbar in erster Linie den Zweck verfolgt, den Samen am Boden festzukleben. Entschleimte Leinsamen vermochten nicht ihr Würzelchen in den Boden einzusenken. Das Würzelchen krümmte sich bizarr hin und her und der Same ging endlich zu Grunde.

Die Wasseraufnahme dieser Quellschichten ist oft eine sehr bedeutende. Bei *Linum* steigt das Gewicht des Samens von 1 auf 2, bei *Plantago Cynops* sogar von 1 auf 5 (HABERLANDT).

Die Zellen des Wassergewebes, deren Grösse oft eine recht erhebliche ist, sind also entweder sehr dünnwandig oder durch Membranschleimauflagerung stark verdickt, niemals derb. Selten, und nur in hier nicht in Betracht kommenden Fällen, finden sich spiralige oder andere Verdickungen, die nicht aus Schleim bestehen. Collenchymatische Ecken sind dagegen häufig zu finden.

---

[1]) Vergl. WESTERMAIER, Ueber Bau und Function des pflanzlichen Hautgewebes. PRINGSHEIM's Jahrb. XIV.

[2]) Anatomie, S. 276 und die Schutzeinrichtungen in der Entwicklung der Keimpflanze. Wien 1877.

System der Secretionsorgane und Excretbehälter.

Wie im thierischen, so werden auch im pflanzlichen Organismus nicht alle aufgenommenen und von der Pflanze gebildeten Stoffe glattweg den wachsenden Theilen einverleibt und rückstandslos verbraucht, sondern es wird ein Ueberschuss gebildet, den die Pflanze zum Verbrauche in späterer Zeit speichert (s. Speichersystem) und es entstehen andererseits bei den Stoffwechselprocessen Substanzen, die nicht, weder bald, noch später, wieder verbraucht werden, die also dauernd aus dem Stoffwechsel ausgeschieden bleiben. Diese Substanzen nennt man Excrete. Auch das Wasser, sowohl das durch Transpiration dampfförmig abgegebene, als auch das in liquider Form aus den Wasserspalten (s. S. 374) ausgeschiedene, ist in diesem Sinne ein Excret, da es von der Pflanze aufgenommen, aber nicht für den Organismus verbraucht wurde; ja selbst die im Zellwandgerüst der Pflanze niedergelegte Cellulose kann man, da sie, einmal abgelagert, nicht wieder verwendet wird, unter diesem Gesichtspunkte betrachten. Doch fasst man für gewöhnlich den Begriff Excret enger und bezeichnet damit die in tropfbarflüssiger oder fester Form in besonderen Excretbehältern mit und ohne Beihilfe von specifischen Secretionsorganen abgeschiedenen Stoffe, die, einmal gebildet, nicht wieder verbraucht werden. Werden diese Excrete von besonderen, ausschliesslich diesem Zwecke dienenden Secretionsorganen abgeschieden, so nennt man sie Secrete, doch ist der Begriff nicht scharf begrenzt und im Grunde genommen sind alle Excrete mehr oder weniger auch Secrete. [1])

Wenn auch die Excrete in den Stoffwechselprocessen der Pflanzen keine Rolle mehr spielen, so sind sie doch — in einigen Fällen ist dies nachgewiesen — von biologischer Bedeutung für die Pflanze, sie dienen zum Anlocken der Insecten (ätherische Oele der Blüthen und Secrete der Nectarien), zum Wundverschluss (Harze), zum Schutz gegen Thiere (Alkaloide) und unberufene Gäste und vielleicht auch gegen zu grosse Erwärmung am Tage und zu starke Abkühlung in der Nacht (ätherische Oele, Tyndall) [2]) u. and. m.

Erschwert wird die Erkenntniss der Bedeutung der Excrete durch die Wandelbarkeit in der Function. So sind die Milchsäfte und der Gerbstoff in einem Falle Excret, in einem anderen spielen sie in den Stoffwechselprocessen noch eine mehr oder weniger grosse active Rolle.

Nur wenigen Familien (z. B. den *Cyperaceen)* oder einzelnen Pflanzen sonst excretreicher Familien *(Taxus)* fehlen Excretbehälter ganz.

Um uns in der ausserordentlichen Mannigfaltigkeit der Excretbehälter und Secretionsorgane zurecht zu finden, müssen wir sie nach bestimmten Gesichtspunkten gruppiren.

Als solche Gesichtspunkte können die chemische Natur des Excretes oder die morphologische des Behälters gelten. Ich ziehe es vor, die letztere der Eintheilung zu Grunde zu legen und werde demnach nach einander die Drüsen, die Excretzellen, die schizogenen und die lysigenen Excretbehälter und die Milchröhren abhandeln.

---

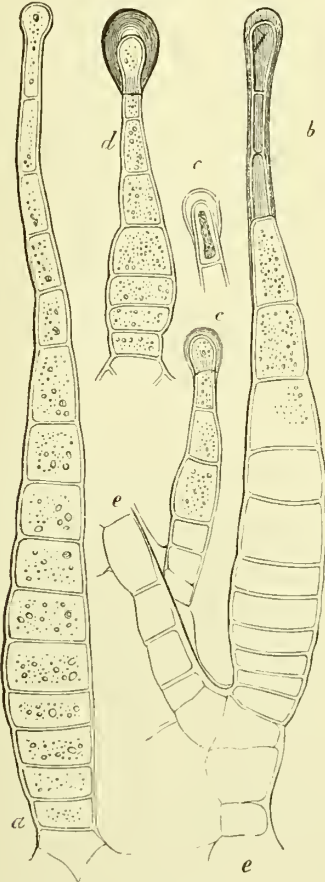
[1]) Bez. der Abgrenzung des Begriffes Excret und Secret vergl. auch Szyszylowicz, Ueber die Secretbehälter der flücht. Oele. Denkwürdigkeit d. Krakauer Akadem. 1880.

[2]) Vergl. Haberlandt, Anatomie, S. 325.

Die Drüsen.[1])

Unter diesem Namen sollen hier nur die sogenannten äusseren Drüsen, Epidermis- oder Hautdrüsen (DE BARY) verstanden werden, d. h. die Fälle der Excreterzeugung, wo dieselbe auf Haargebilde oder andere differente Theile der Epidermis localisirt ist.[2]) DE BARY unterscheidet: glandulöse Haargebilde (Drüsenhaare, Drüsenschuppen, Drüsenzotten), glandulöse Flächen oder Flächenabschnitte (Drüsenflächen, Drüsenflecke) und, sofern die letzteren auf bestimmte Emergenzen localisirt sind, drüsige Emergenzen (Drüsenzähne, Drüsenwarzen).

Fig. 527.



Spindelförmige Drüsenhaare von *Cistus creticus*. *a* vor Beginn der Secretion, *b* u. *c* die Collagenschicht hebt die Cuticula ab, die Harzaussonderung beginnt, *d* die Cuticula durch ausgeschiedenes Secret *(Ladanum)* blasig abgehoben (de Bary).

Fig. 528.



Stieldrüse vom Blatte von *Hyoscyamus niger*. Die Collagenschicht hat die Cuticula blasig abgehoben und gesprengt, das Secret überzieht den Drüsenkopf (Tschirch).

---

[1]) Die Drüsen sind meist in denselben Schriften wie die Haare (s. S. 254) behandelt. Vergl. insonderheit MEYEN, Secretionsorgane der Pflanzen. Berlin 1837. — A. WEISS, Die Pflanzenhaare. KARSTEN's Bot. Unters. Bd. I. — HANSTEIN, Ueber die Organe der Harz- und Schleimabsonderung. Bot. Zeit. 1868. — RAUTER, Zur Entwicklungsgeschichte einiger Trichomgebilde. Denkschr. der Wiener Akademie. 1871. — MARTINET, Organes de sécrétion des végétaux. Ann. sc. nat. 5. Ser., 5 Bd., 1872. — TREVIRANUS, Bot. Zeit. 1857.

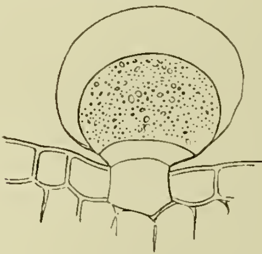
[2]) Nur die Wurmfarnrhizomdrüsen, die im Innern des Gewebes auftreten, sollen mit unter den Begriff der Drüse gezogen werden, obwohl sie nicht der Epidermis angehören. Ueber die Confusion in der Anwendung der Bezeichnung „Drüse“ vergl. DE BARY, S. 97.

Das Secret der Hautdrüsen tritt zunächst im Inhalte, dann in der Membran der Zelle auf und verleiht dieser eine, vornehmlich die Aussenwand betreffende, eigenartige Structur. Je mehr nämlich Secret gebildet wird, um so mehr hebt sich die, die Aussenwand überziehende Cuticula von der übrigen Membran ab, sie bildet eine sich vorwölbende Blase (blasige Hautdrüsen) und das Excret sammelt sich zwischen Cuticula und Aussenwand an (Fig. 527 u. 528). In anderen Fällen tritt das Secret in den Wänden zwischen benachbarten Zellen auf (Zwischenwanddrüsen).

Die blasigen Hautdrüsen repräsentiren die bei weitem verbreitetste Form der Secretdrüsen. Dieselben führen also ihr Secret zwischen Aussenwand und abgehobener Cuticula. Das Secret tritt an der Grenzfläche beider auf und in demselben Maasse, wie es von der secernirenden Zelle her vermehrt wird, hebt es die Cuticula blasig empor (Fig. 526 *a—d*). Die letztere folgt der Dehnung entweder durch Flächenwachsthum oder folgt ihr nicht activ und wird im Verlaufe des Processes passiv gedehnt, ja bisweilen gesprengt und tritt alsdann das Secret frei an die Oberfläche (*Cannabis sativa*, *Hyoscyamus*, Fig. 528). Die gesprengte Cuticula kann sich wiederholentlich regeneriren.

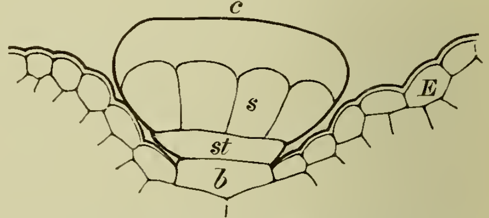
Dieser ganze Vorgang verläuft nun, je nach dem Einzelfalle, verschieden. Der einfachste Fall ist der, dass die secernirende Zelle die nicht different ausgebildete Endzelle eines einreihigen Trichoms (*Cistus creticus* [Fig. 527]) oder die kugelig angeschwollene Endzelle eines einreihigen Haares

Fig. 529.



Oeldrüse des Blattes von *Pogostemon Patchouli* im Querschnitt (de Bary).

Fig. 530.



Oeldrüse des Blattes von *Mentha piperata* im Querschnitt. *b* Tragzelle, *st* Stielzelle, *s* Secernirungszellen, *E* Epidermis, *c* Cuticula (Tschirch).

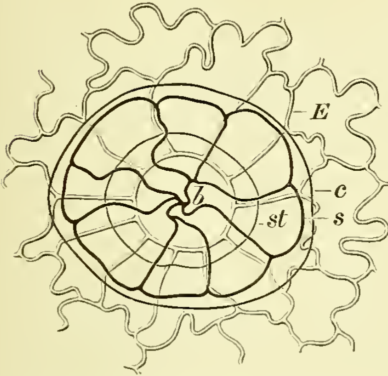
ist (*Hyoscyamus* [Fig 528], *Primula, Pelargonium*). Dies ist zugleich der häufigste Fall, und wenn auch nicht alle Köpfchenhaare Drüsenhaare sind, so sind es doch bei weitem die meisten. Der den Drüsenkopf tragende Stiel kann entweder sehr lang (*Hyoscyamus*, *Nicotiana rustica*), und vielzellig oder ganz kurz, sogar einzellig sein, in letzterem Falle kann man ihn als Stielzelle bezeichnen (*Pogostemon Patchouli*, Fig. 529). Der zweite Fall ist der, dass die einzellige, secernirende Köpfchenzelle des Drüsenhaares einem langen einzelligen oder mehrzelligen Stiele (*Corolle* der *Lavendel*blüthe) oder einer Zotte (s. S. 265) aufsitzt. Dieser Fall ist selten, viel häufiger dagegen ist der, dass einem einzelligen oder einreihigen oder mehrzelligen Stiel, beziehentlich einer Zotte ein mehrzelliger Drüsenkopf aufsitzt, oder mit anderen Worten, dass nicht eine, sondern mehrere secernirende Zellen an der Spitze vorhanden sind. Unter diese Rubrik gehören die Oeldrüsen der meisten Pflanzen, z. B. die Oeldrüsen der *Labiaten*, *Compositen*, *Cannabineen* u. and.

Das ätherische Oel der Pflanzen (besonders der Blätter) der so ölreichen Familie der *Labiaten* [1]) findet sich ausschliesslich in blasigen

[1]) Meyen, Secretionsorgane der Pflanzen. — Unger, Anatomie und Physiologie. — Martinet, a. a. O. — Rauter, a. a. O.

Drüsenhaaren [1]) zwischen der Aussenwand der secernirenden Zellen und der blasig abgehobenen Cuticula (Fig. 529—532). Diese Drüsenhaare entstehen in der Weise, dass in einer Epidermiszelle eine Querwand auftritt, die so entstandene innere Zelle zur Tragzelle (Basal-Zelle Fig. 530 *b*) wird, die äussere aber sich papillös über die Epidermis vorwölbt und auch ihrerseits durch eine Querwand getheilt wird; die innere Zelle wird zur Stielzelle (Fig. 530 *st*), die äussere dagegen theilt sich der Regel nach durch wiederholt senkrecht zur Organsoberfläche auftretende Längswände in die secernirenden Zellen, Secernirungszellen des Drüsenkopfes. Selten ist das secernirende Organ, der Drüsenkopf, einzellig (*Pogostemon Patchouli*, Fig. 529), meist ist er vielzellig (*Mentha*, Fig. 530, *Lavandula*, *Rosmarinus*, *Thymus*) und entsteht, wie erwähnt, in der Weise, dass in der blasig angeschwollenen Endzelle des dreizelligen Trichoms Theilungen senkrecht

Fig. 531.



Oeldrüse des Blattes von *Mentha piperata* von der Fläche gesehen. Bezeichnung wie Fig. 530 (Tschirch).

Fig. 532.

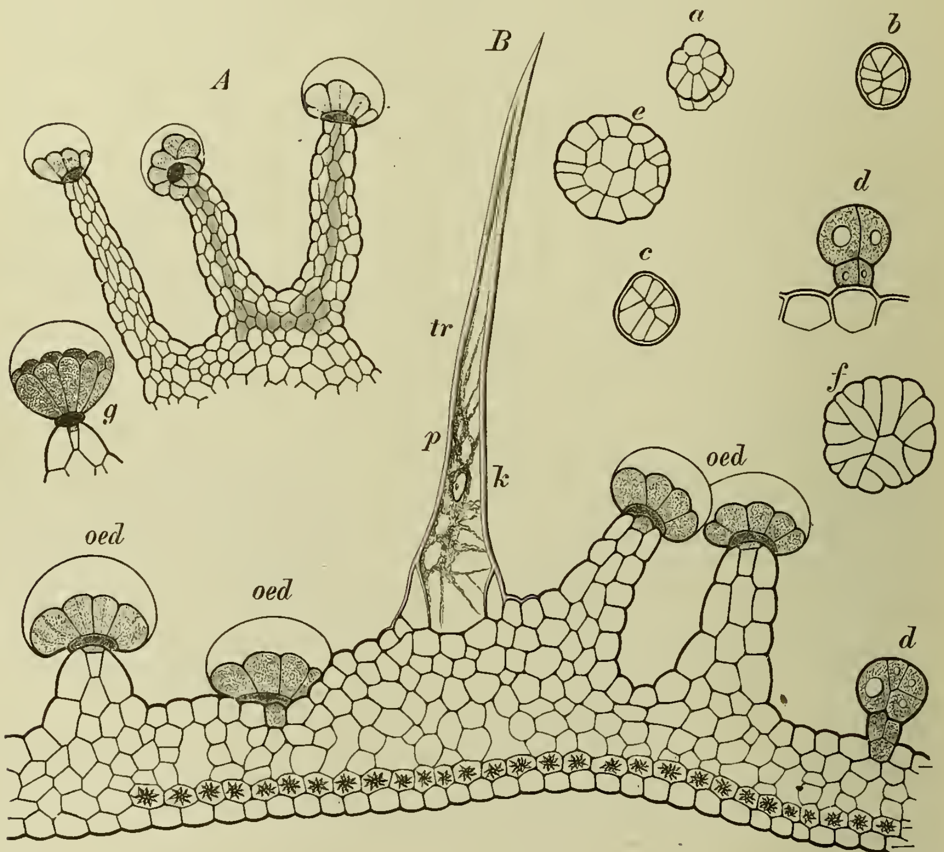
Querschnitt durch ein Blatt von *Mentha piperata* an der Mittelrippe. *ep* Epidermis, *pal* Palissaden, *tr* Oeltropfen, *coll* Collenchym, *sch* Schwammparenchym, *sp* Spaltöffnung, *öd* Oeldrüsen mit Mentholkristallen *(m)* zwischen Cuticula und Secernirungszellen, *gfb* Gefässbündel, *g* Gefässtheil, *c* Cambium, *sb* Siebtheil mit Bastzellen *(b)* (Tschirch).

zur Fläche des die Drüse tragenden Organes auftreten. Dieselben sind meist regelmässige Zweitheilungen und das Product ist der Regel nach

[1]) Hanstein, a. a. O. Fig. 46, 49.

ein Drüsenkopf mit 4 *(Lamium, Plectranthus)* oder 8 (Fig. 531), in einen Kreis oder Kranz (daher „Kranzzellen", Hanstein) gestellter Secernirungszellen *(Mentha)*. Doch treten auch bisweilen 12 (8 peripherische und 4 centrale) auf *(Thymus, Satureja, Lavendula*[1]), stets ist die Zahl der Secernirungszellen aber durch 2 theilbar. Die typische *Labiaten*-drüse, wie sie z. B. sich an den Blättern der *Mentha piperata, crispa*, des *Rosmarin, Thymian* u. and. findet, besitzt eine runde, der Epidermis eingefügte Tragzelle, eine breite, meist sehr flache Stielzelle und dieser aufsitzend, den 8—12zelligen Drüsenkopf (Fig. 530). Wenn die Secernirung im

Fig. 533.



Cannabis sativa B Ein Blüthendeckblatt mit einfachem Haar. *tr* (mit Plasma *p* und Zellkern *k*), Köpfchenhaar *d* und Oeldrüsen *oed*. *A* Oeldrüsen auf langen Zotten *b, c, e, f*. Oeldrüsen von der Fläche mit 8, 16, 21 Secernirungszellen. *a* Zottenkopf von oben gesehen (Tschirch).

besten Gange ist, wie dies bei allen Drüsen erwachsener Blätter zu sein pflegt, so ist die Cuticula der Regel nach nicht nur von den Aussenwandungen der Secernirungszellen, sondern auch noch ein Stück von den Seitenwänden blasig abgehoben, die Aussenwand der secernirenden Zellen ist papillös vorgewölbt und der ganze Raum zwischen ihr und der Cuticula mit einem Oeltropfen erfüllt.

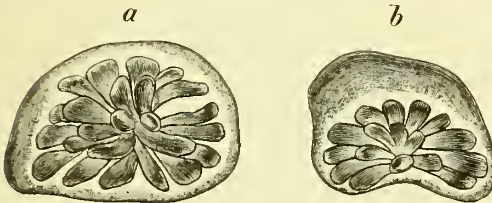
Die Oeldrüsen der Wallnussblätter *(Juglans regia* Fig. 107) gleichen denen der *Labiaten*. Die Drüsenzotten des *Hanf*[2]) *(Cannabis sativa)* gleichen

---

[1]) de Bary, Anatomie, S. 101, Fig. 39.
[2]) Unger, Grundlinien, S. 82.

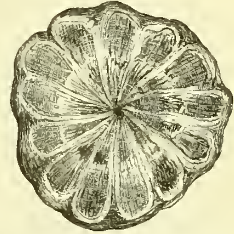
entweder denen der *Labiaten* ganz oder sind auf einer mehr oder weniger, oft sehr stark, fingerförmig gestreckten Zotte emporgehoben (Fig. 533). Auch sie besitzen eine Trag- und eine Stielzelle. Erstere ist entweder der Epidermis oder dem Zottenscheitel eingefügt. Die Zahl der secernirenden Zellen ist hier entweder 8 oder 12, oder 16 oder 20, selten durch nachträgliche Theilung einer der Zellen 21. Die Aussenwand derselben ist auch hier papillös vorgewölbt Bisweilen lösen sich die Zellen auch auf den Seitenwänden ein Stück von einander (Fig. 533 *g*). Da die Tragzellen im

Fig. 534.



*Kamala*drüsen: *a* von oben, *b* von der Seite gesehen in Kalilauge, nach Entfernung des Secretes (Hartwich).

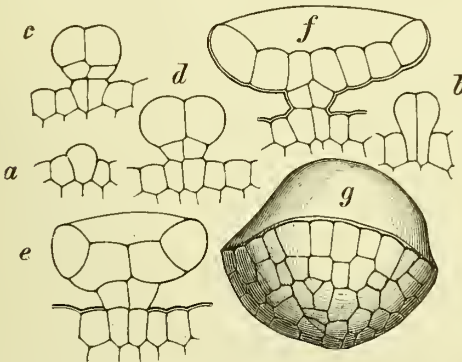
Fig. 535.



*Kamala*drüse von unten vor Entfernung des Secretes (Vogl).

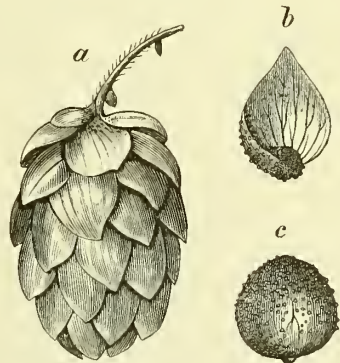
Verhältniss zum Drüsenkopf sehr klein zu sein pflegen, so löst sich letzterer, wenn er auf einer Zotte sitzt, leicht von dieser ab, und da die Cuticula nicht selten gesprengt wird und alsdann das Oel, bez. der Balsam austritt, die Drüsen zudem an der weiblichen Inflorescenz, sowohl den Laub-, Hoch- und Deckblättern, als auch den Blüthen, sehr dicht gedrängt stehen, so ist es erklärlich, dass zur Zeit stärkster Secretion die ganze Inflorescenz mit einem klebrigen Harze (*Churus*) überzogen ist.

Fig. 536.



Entwicklung der *Lupulin*-Drüsen. Successive Stadien in der Reihenfolge der Buchstaben *a*—*f* (Rauter). Vergr. 320. *g* Die fertige Drüse bei schwächerer Vergrösserung.

Fig. 537.



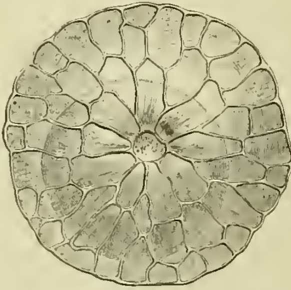
Humulus Lupulus. *a* weiblicher Fruchtstand, *b* ein Deckblatt des Hopfens (natürl. Grösse), *c* ein mit Drüsen bedecktes Früchtchen (Lupenvergrösserung).

In der That kommen ja auch die Inflorescenzen total verklebt in den Handel *(Bhang, Gunjah)* und kann man den Bau der Droge erst nach langem Behandeln mit Alkohol studiren. Man findet in der auf diese Weise entharzten Droge zahlreiche Zotten, deren Drüsenkopf abgefallen ist, und die am Scheitel nur noch die braune Tragzelle erkennen lassen.

Die 70—120 Mik. grossen Farbstoffdrüsen der Früchte des *Mallotus philippinensis*, die die *Kamala* des Handels bilden, lassen eine Stiel-

zelle selten erkennen (Fig. 534 und 535). Da mir jedoch nur die Droge und nicht die Pflanze zu Gebote stand, kann ich nicht entscheiden, ob die Stielzelle fehlt und nur eine Tragzelle, oder ob beide vorhanden sind. Da man jedoch bisweilen eine Stielzelle beobachtet, so scheint es mir wahrscheinlich, dass auch hier beide vorhanden sind. Alsdann würde die Entwicklung genau die gleiche sein, wie bei den *Labiaten* [1]), nur dass hier das Köpfchen sich viel reichlicher theilt — man kann (nach Flückiger) oft 40—60 Secernirungszellen zählen — und die keulenförmigen secernirenden Zellen sich nach-

Fig. 538.



Hopfendrüse von unten (Vogl).

Fig. 539.

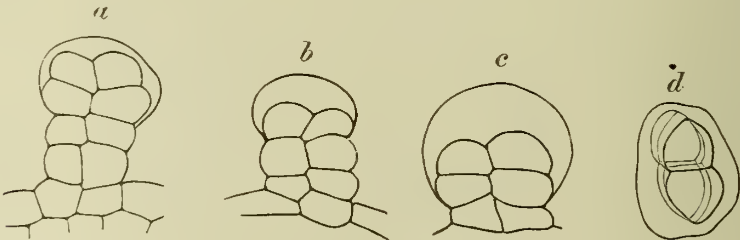


Hopfendrüse von oben (Vogl).

träglich von einander lösen und oft nur in der Mitte, also an der Stielzellenseite, mit einander in Verbindung bleiben. Durch einen Druck auf das mit Kali entfärbte Präparat kann man sie sogar leicht vollends isoliren. Der Farbstoff wird, wie das Oel der *Labiaten*drüsen, von den secernirenden Zellen zwischen Aussenwand und blasig abgehobene Cuticula abgeschieden.

Bei keiner der bisher beschriebenen Drüsen zeigt die abgehobene Cuticula irgend welche Structur, sie ist ein homogenes Häutchen. Anders ist dies bei den Drüsen des Hopfens. [2])

Fig. 540.



Oeldrüsen vom Fruchtknoten der *Matricaria Chamomilla* (Compositen-Typus). *a*—*c* von der Seite, *d* von oben, *a* mit 5, *b* mit 4 Etagen (Tschirch).

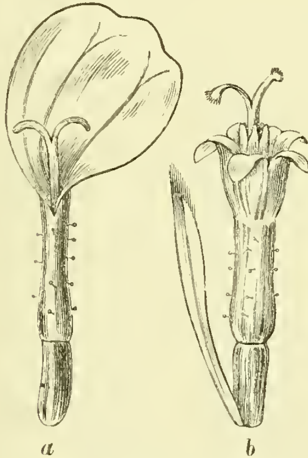
Die Hopfendrüsen, die Drüsenschuppen von *Humulus Lupulus*, die in grosser Menge besonders den basalen Theilen der Deckblätter der weiblichen Blüthe ansitzen (Fig. 537), entstehen in etwas anderer Weise, (Fig. 536) wie die *Labiaten*drüsen. Eine Epidermiszelle wölbt sich papillös hervor, theilt sich zunächst durch eine Längswand und die so gebildeten zwei

[1]) Vergl. auch Vogl, Sitzungsber. d. Wiener Akademie. 1864.

[2]) Vergl. Personne, Ann. sc. nat. 4. Ser., 1. (1854). — Rauter, a. a. O. und Martinet, a. a. O.

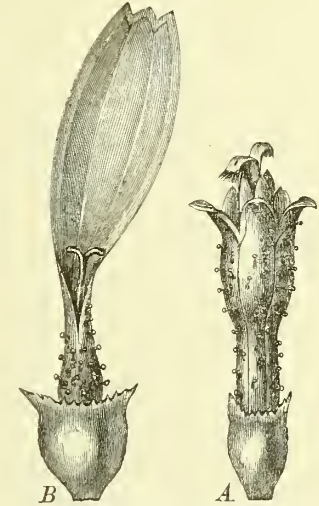
Zellen werden alsdann durch Querwände in 3 über einander liegende Etagen getheilt, das unterste Zellenpaar wird zum Tragzellenpaar, das mittlere zum Stielzellenpaare und das oberste der 3 Zellenpaare erleidet weitere senkrecht zur Organsoberfläche erfolgende Theilungen. Schon frühzeitig, noch bevor die ziemlich zahlreichen Theilungen in dem flachscheibenförmigen Drüsen-

Fig. 541.



Achillea Millefolium L. a Randblüthe, *b* Scheibenblüthe. Beide mit Oeldrüsen besetzt (Berg).

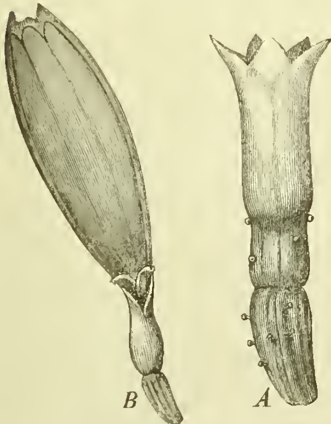
Fig. 542.



Anacyclus officinarum Hayne. A Scheibenblüthe, *B* Zungenblüthe. Beide mit Oeldrüsen besetzt.

köpfchen abgeschlossen sind, hebt sich die Cuticula von der Aussenwand ab und wird durch das entstehende Oel erst flach blasig, dann stumpfkegelförmig vorgestülpt, wodurch das ganze Drüsenköpfchen die Gestalt eines umgekehrten jungen Pilzhutes erhält. Die Cuticula zeigt stets noch die Abdrücke der Secernirungszellen (Fig 539). Am Laube von *Ribes nigrum* kommen den Hopfendrüsen ähnliche Trichome vor (Meyen).

Fig. 543.



Matricaria Chamomilla. A Scheibenblüthe, *B* Randblüthe mit Oeldrüsen besetzt.

Die Drüsen der *Compositen*[1]) (Blüthen der *Matricaria Chamomilla* [bes. der Fruchtknoten und die Corollenröhre, Fig. 543], *Achillea Millefolium* Fig. 541, *Arnica montana* [bes. der Fruchtknoten], Blätter von *Artemisia Absinthium*, Fig. 368, Deckblätter der *Çina* Fig. 503, 544, 545) weichen in einigen Punkten von denen der *Labiaten* ab[2]), der Unterschied beruht besonders darin, dass die Zellen des Drüsenköpfchens nicht verschieden von denen des Stieles ausgebildet, ja sogar nur selten eigentlich köpfchenartig entwickelt sind (Fig. 540). Durch regelmässige Längs- und Quertheilungen[3]) entsteht hier eine Doppelreihe über einander liegender Zellen. Die zweitheilige Tragzelle trägt einen zweitheiligen aus 1—3, bei *Arnica* sogar aus 5 etagenartig übereinander liegenden Zell-

[1]) Hanstein, a. a. O. Fig. 90 und 91.

[2]) Vergl. meine Mittheilungen im Tageblatt der Naturforscherversammlung in Wiesbaden, 1887.

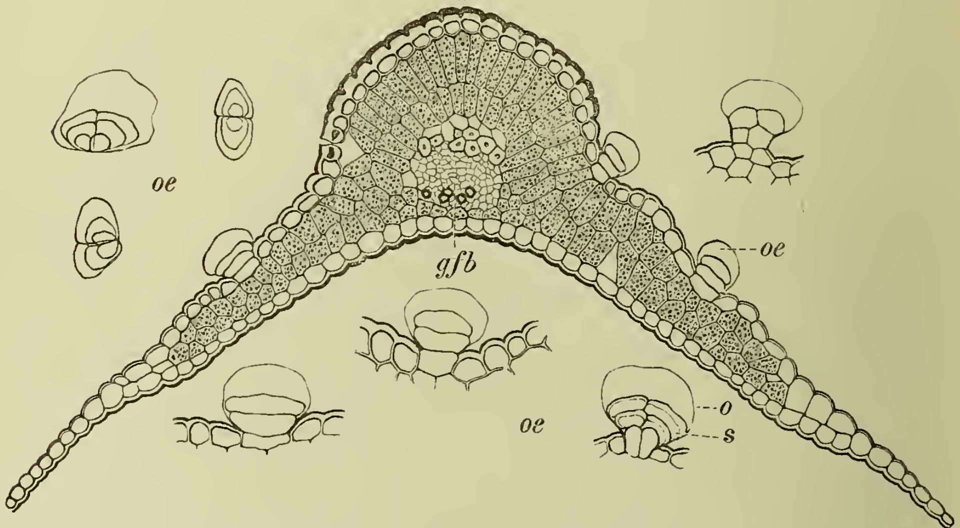
[3]) Zuerst treten die Quer-, dann die Längswände auf (*Helianthus*, *Inula*, Hanstein).

paaren bestehenden Stiel und dieser das zweizellige Köpfchen (Fig. 368, 540, 544). Von oben betrachtet erscheint daher die Drüse wie aus zahlreichen, in einander geschalteten, gestreckten und in der Mitte getheilten Ovalen bestehend (Fig. 368 rechts, 540 *d*, 544 links). Wie das Drüsenköpfchen hier mehr nur angedeutet wie entwickelt ist, so ist auch das Abheben der Cuticula oftmals nicht auf das apikale Zellenpaar beschränkt, und auch das darunter liegende wird zu einem Paar secernirender Zellen (Fig. 540 *a*).

Auch bei den *Ladanum* ausscheidenden Harzdrüsen von *Cistus* [1]) wird die Cuticula oft auch von den tiefer liegenden Zellen abgehoben (Fig. 527). Es scheint dies überhaupt oftmals dort einzutreten, wo die Scheitelpartie als Köpfchen nicht oder nur undeutlich differenzirt ist.

Bei den bisher besprochenen Drüsen besteht das Secret, wenn ich einige einreihige Drüsenköpfchenhaare und die *Kamala* Drüsen ausnehme, am Ende der Entwicklung nur aus ätherischem Oel, bezichentlich Balsam, wenigstens konnte ich weder in den fertigen Hopfendrüsen, noch den *Hanf-*, *Labiaten-* oder *Compositen*drüsen Gummischleim neben Oel nachweisen.

Fig. 544.



Querschnitt durch ein Hüllkelchblatt von *Artemisia maritima (Cina)*. *gfb* Gefässbündel, *oe* Oeldrüsen mit blasig abgehobener Cuticula *(o)* im Querschnitt (unten und rechts) und in der Flächenansicht (links) (Tschirch).

Anders ist dies bei den sogenannten Colleteren [2]) Hanstein's [3]), den Knospenzotten, die vorwiegend die harzig-schleimigen Ueberzüge, welche die Knospen zahlreicher Laubbäume vor dem Aufbrechen überziehen, erzeugen (*Aesculus Hippocastanum*).

Diese Colleteren finden sich vornehmlich an den Knospenschuppen. Sie sind dadurch ausgezeichnet, dass bei ihnen nicht nur Oel, beziehentlich Harz, sondern zugleich auch Gummi secernirt wird. Das demnach aus Gummiharz bestehende Secret — Knospenleim, Blastocolla [4]) — liegt auch hier unter der blasig abgehobenen Cuticula. Das Gummi tritt in der mittleren Wandschicht unter der Cuticula auf und entsteht durch Verschleimung dieser Membranpartie, verdankt also seine Entstehung einer

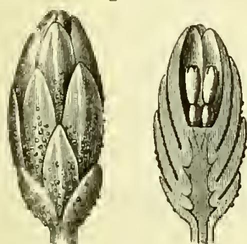
[1]) de Bary, Anatomie, Fig. 36.
[2]) κολλήτηρ Beleimer, Bekleber. Vergl. auch S. 209.
[3]) Ueber die Organe der Harz- und Schleimabsonderung in den Laubknospen. Bot. Zeit. 1868, S. 697.
[4]) κόλλα Leim, βλαστός Spross, Knospe.

Membranmetamorphose (s. oben S. 210), das Harz, bez. Oel dagegen wird von den secernirenden Zellen, in denen es nach HANSTEIN[1]) vor der Secretion nachweisbar ist, wie oben beschrieben, zwischen Aussenwand und Cuticula secernirt, mischt sich alsdann mit dem Schleim und bildet mit demselben den Knospenleim (s. oben). Derartige Colleteren sind an den Knospenschuppen von *Aesculus*, *Alnus*, *Coffea* u. and. häufig, doch muss man natürlich die Untersuchung im zeitigen Frühjahr vornehmen, da die Knospenschuppen späterhin abgeworfen werden. Auch der Colleter ist, wie die Blasendrüse, epidermalen Ursprungs, also ein echtes Trichom, er besteht aus meist sehr zahlreichen Zellen, die zu einem centralen, basalen, auf seiner ganzen oberen gewölbten Fläche mit oft ziemlich langen Secernirungszellen besetzten Gewebskörper vereinigt sind[2]) *(Alnus, Aesculus)*.

Mit der Verschleimung der äusseren Membranschichte unter der Cuticula beginnt der Process und das Abheben der Cuticula scheint die nächste Folge der Verschleimung zu sein.

Nach HANSTEIN's Untersuchungen ist das Abheben der Cuticula auch bei den *Labiaten*drüsen und den anderen oben genannten Folge der Verschleimung der Subcuticularschicht der Aussenwand der Secernirungszellen. Derselbe fand bei *Salvia*, dass die schon ganz entwickelte Drüse noch kein Oel, beziehentlich Harzbalsam enthielt, und dass letztere erst nachher von den Secernirungszellen in den Subcuticularraum abgeschieden wurden. Darnach würde also auch hier zunächst Gummosis eintreten, das Gummi dann verschwinden und in demselben Maasse die Resinosis[3]) oder, wie HANSTEIN sagt, Retinosis[4]) eintreten. Dabei braucht die Resinosis sich nicht nur auf eine Ausscheidung des Oeles, bez. Balsams zu beschränken, sondern kann auch zu einer vollständigen Verflüssigung der Secernirungszellen, d. h. zu einer Ueberführung auch der Wände in Balsam führen.

Fig. 545.



Blüthenkörbchen der *Artemisia maritima (Cina)* geschlossen und longitudinal halbirt. Die Hüllkelchblätter aussen mit den Drüsen besetzt (Berg).

Es kommt auch vor, dass die verschleimte subcuticulare Membranschicht erneuert wird und die neugebildete wieder verschleimt, ja dieser Process kann sich sogar nochmals wiederholen *(Viola)*, stets aber liefert bei den Drüsenhaaren die Wand den Schleim.

Einen besonderen Fall von Collagenbildung zeigen die den sogenannten Platanenhusten erzeugenden Sternhaare der Blätter der *Platanus*arten.[5]) Hier tritt nur an der Basis der Haarstrahlen an einer circumscripten Stelle Collagenbildung ein und es wird dort die Cuticula blasig abgehoben, nicht an den übrigen Stellen.

Einen weiteren besonderen Fall von Drüsensecretion findet man in dem Rhizom von *Aspidium Filix mas.*[6]) Hier stülpt sich eine an einen Intercellularraum grenzende Parenchymzelle in den Intercellularraum vor, erweitert sich an der Spitze kopfig und gliedert sich an der Basis durch eine Wand vor der Parenchymzelle ab (Fig. 547). Da hier eine Cuticula natürlich nicht vorhanden ist, so tritt das von dem Drüsenkopfe erzeugte Secret (Oel und Filixsäure) frei an die Oberfläche desselben und überzieht ihn

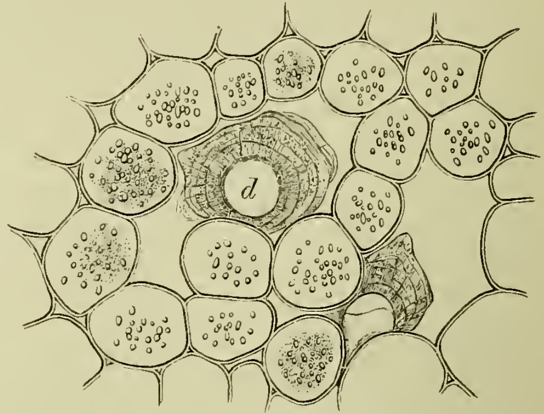
---

[1]) DE BARY bezweifelt diese Angabe HANSTEIN's.
[2]) HANSTEIN, a. a. O. Fig. 15, 37, 39.
[3]) Resina-Harz.
[4]) ῥητινοῦν harzen, ῥητίνη Harz.
[5]) HANSTEIN, a. a. O. Fig. 100 und 101.
[6]) SCHACHT, PRINGSHEIM's Jahrb. III. 1863, S. 352. Die SCHACHT'schen Figuren sind auch copirt in FLÜCKIGER-TSCHIRCH's Grundlagen der Pharmakognosie, Fig. 162.

mit einer schmierigen Masse (Fig. 546 u. 547), in der beim längeren Liegen des Präparates in Glycerin schöne Filixsäurekristalle auftreten (S. 121).

An die Colleteren schliessen sich die sogenannten Zwischenwanddrüsen an, bei denen das Secret (zunächst Schleim, dann ätherisches Oel) in den Scheidewänden zwischen den Zellen auftritt. Sie sind natürlich stets mehrzellig und erheben sich entweder als Schuppen, Kopfhaare oder Zotten über die Epidermisaussenfläche (Blätter von *Ledum palustre*, *Rhododendron*, *Azalea*)[1]) oder springen in das subepidermale Gewebe vor (*Psoralea*[2]).

Fig. 546.

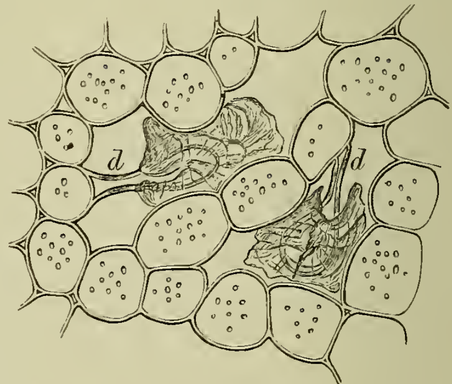


Aus dem Querschnitt durch eine Blattbase von *Aspidium Filix mas.* *d* Kopf eines Drüsenhaares mit dem Secretüberzuge (Tschirch).

Eine besondere Form der Drüsenhaare stellen die mehlig bestäubten Kopfhaare, die *Pili pulverulenti*, dar, die die silberweisse, bez. goldgelbe Farbe des Laubes, besonders der Blattunterseite der Silberfarne (*Gymnogramme*, *Pteris aurata*) und Primeln (*Primula auricula*, *farinosa*) erzeugen. Es sind Köpfchenhaare, deren Drüsenkopf auf der Oberfläche seiner Cuticula eine harzartige Masse (Klotzsch's Pseudostearopten) in Form langer gebogener Stäbchen secernirt.[3])

Von der Insertionsstelle drüsiger Haargebilde setzt sich bisweilen (in den Knospen von *Rumex*, *Rheum*, *Coffea*, *Alnus*, *Carpinus*, *Corylus*, *Populus*, junge Triebe von *Betula* u. and.) die drüsige Wandstructur auch über die glatte Epidermis fort und erzeugt so eine Drüsenfläche.[4]) Dieselbe zeigt die gleiche Entstehung wie die Oberfläche der Colleteren, d. h. die Cuticula wird durch das Secret abgehoben. Dieses Abheben geschieht entweder auf weite Flächen (Drüsenfläche) oder ist auf circumscripte Stellen beschränkt (Drüsenfleck). Junge Birkentriebe, sowie der *Sileneen*stengelknoten verdanken ihre klebrige Beschaffenheit solchen Drüsenflächen.[5]) Die für die Diagnose der Blätter von *Prunus laurocerasus* wichtigen runden Drüsen (extraflorale Nectarien[6]) auf der

Fig. 547.



Aus dem Längsschnitt durch eine Blattbase von *Aspidium Filix mas.* *d* die gestielten Drüsen, deren Kopf mit dem Secrete überzogen ist (Tschirch).

---

[1]) Hanstein, a. a. O. Fig. 95.

[2]) de Bary, Anatomie. Fig. 42.

[3]) Abgebildet in de Bary's Anatomie. Fig. 43.

[4]) Vergl. besonders de Bary, Anatomie. S. 100.

[5]) Vergl. auch K. Müller, Einige Bemerkungen über die harzartigen Ausscheidungen der Birken. Bot. Zeit. 1885, S. 793.

[6]) Extraflorale Nectarien finden sich auch in den Blattstielen von *Prunus avium*, den Nebenblättern von *Vicia Faba* und *sativa* u. and.

Blattunterseite sind circumscripte Drüsenflecke. Die Epidermiszellen sind an dem Drüsenfleck palissadenförmig gestreckt und convergiren nach der Drüsenmitte strahlig, treten aber sonst nicht über die Epidermisfläche hervor. Das Secret (Zucker) wird auch hier zwischen Aussenwand und blasig abgehobene Cuticula secernirt. Nicht immer weichen übrigens hier die Secernirungszellen in ihrer Gestalt von den übrigen Epidermiszellen ab (wie bei *Lychnis*, *Prunus* und *Silene*), bisweilen sind sie ihnen auch gleichgestaltet (*Betula*, *Rumex*), stets sind sie aber plasmareicher als die übrigen. Häufig liegen Drüsenflecke über Gefässbündelendigungen auf der Blattfläche oder auf Emergenzen, Zähnen oder dergl. Hierher gehören z. B. die drüsigen Zähne des Blattrandes von *Prunus*, *Salix* u. and.[1])

Die grösste Mannigfaltigkeit in der Secretion zeigen die Nectarien der Blüthen, die den Zuckersaft ausscheiden, der die Insecten zur Befruchtung der Blüthe anlockt und ihnen als Speise dient. Hier sind alle bisher beschriebenen Fälle der Drüsensecretion zu beobachten. Aus der unendlichen Fülle der Einzelerscheinungen führe ich hier[2]) nur einige Fälle an und bemerke nur, dass alle Blüthentheile (ausser den Antheren) Nectar aussondern können, z. B. die Blüthenblätter bei *Ranunculus*, die Filamente bei *Rheum*, *Linum*, *Cruciferen*, die Fruchtknoten bei *Umbelliferen*. Die Nectarien sind so wichtig, dass oftmals Organe der Blüthe für das Nectarium besonders metamorphosirt werden (*Aconitum*, *Helleborus*). Die Morphologie nennt alsdann sogar das ganze, das ausscheidende Organ tragende Gebilde „Nectarium". Die Secretion erfolgt durch dünnwandige, nicht cuticularisirte Epidermiszellen bei *Ranunculus Ficaria*, durch dünnwandige, nicht cuticularisirte Epidermiszellen vermittelst Diffusion bei *Polygonum Fagopyrum* und *Rhinanthus major*, durch dünnwandige Epidermispapillen bei *Diervillea*, an der Spitze vielzelliger Nectariumpapillen vermittelst Collagenbildung bei *Malva Althaea*, an einreihigen Epidermispapillen, vermittelst Collagenbildung an der Spitze bei *Tropaeolum majus*, durch Verschleimung der Aussenwände der ganzen Epidermis unter Collagenbildung und Zertrümmerung der Cuticula bei *Nigella arvensis*, durch Spaltöffnungen (Saftventile) auf der Epidermisschicht bei *Symphytum officinale*, durch Saftventile auf eigenen Saftventilträgern bei *Parnassia palustris*. Bei den *Umbelliferen* (*Heracleum*, *Daucus*, *Anthriscus*) ist die Epidermis an den Nectarien der Fruchtknotenoberfläche mit besonderen Vorrichtungen zum Festhalten des Secretes in Gestalt von Cuticularleisten ausgerüstet und bei *Azalea* wird der gleiche Zweck durch eine papillöse Epidermis erzeugt. In beiden Fällen erscheint die ganze Fläche dauernd klebrig.

Der Nectar enthält vornehmlich Zucker, ferner Gummi, Dextrin, Mannit, stickstoff- und phosphorhaltige Substanzen (Bonnier).

In ihrer ausscheidenden Thätigkeit den Nectarien ähnlich und gleichfalls zu den Insecten in Beziehung stehend, sind die Digestionsdrüsen[3]) der sogenannten insectenfressenden Pflanzen (*Drosera*, *Dionaea*, *Pinguicula*, *Utricularia*, *Nepenthes*, *Aldrovanda*, *Sarracenia*).

Dieselben sind jedoch dadurch von den Nectarien unterschieden, dass sie, ausser Schleim, einen pepsinhaltigen Saft ausscheiden, der im

---

[1]) Vergl. Meyen, a. a. O. — Rauter, a. a. O. — Treviranus, Physiologie. — Reinke, Beiträge zur Anatomie der an den Laubblättern, besonders an den Zähnen derselben vorkommenden Secretionsorgane. Pringsheim's Jahrb. X. — Unger, Anatomie und Physiologie, und Grundlinien.

[2]) Auf Behrens (Die Nectarien der Blüthen, Flora 1879) fussend. Dort die gesammte Literatur. Bezüglich der an den Septen der Carpelle vorkommenden sog. Septaldrüsen vergl. Brongniart, Ann. sc. nat. 1855 und Grassmann, Flora 1884.

[3]) Darwin, Insectivorous Plants. London 1875. Die sehr umfangreiche Literatur ist z. Th. in de Bary's Anatomie, S. 108, citirt.

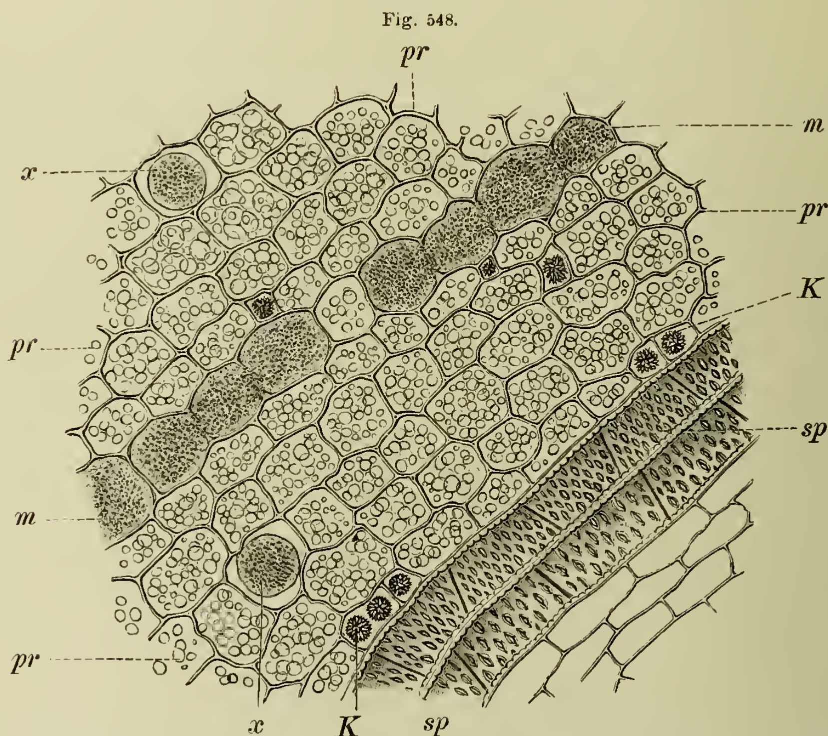
Stande ist, die löslichen, d. h. verdaulichen Körperbestandtheile der mittelst sehr mannigfaltiger Einrichtungen gefangenen Insecten aufzulösen.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die von den Digestionsdrüsen gelösten Substanzen von der Pflanze resorbirt und das unlösliche Chitinskelet des Insectes ausgestossen wird. Diese Digestionsdrüsen treten entweder in Form circumscripter Hautdrüsen oder an Haaren, bez. Schuppen auf und stehen entweder zu Gefässbündelendigungen in Beziehung *(Drosera)* oder nicht *(Pinguicula, Dionaea)*. Ihr peptonisirendes Secret sowohl, wie der Schleim tritt nicht zwischen Aussenwand und Cuticula, sondern, wie bei vielen Nectarien, auf der freien Oberfläche der Drüsen auf.

Die Excretzellen.

Die Excretzellen treten entweder als isolirte, mitten in dem anders gestalteten Gewebe liegende Idioblasten oder zu Zellzügen vereinigt

Fig. 548.



Längsschnitt durch einen Theil des *Jalapenknollen*. *m* Milchsaftzellen, in Reihen über einander, bei *x* isolirte Milchsafttropfen, *pr* Parenchym, *sp* Gefässe, *k* Kristallzellen (Vogl).

auf. Letzteres ist der Fall bei den Coniin-Oelzellen der *Conium*frucht (Fig. 549) und den sog. Milchsaftzellen der *Jalape* (Fig. 548 *m*).

Man kann sie am besten nach der chemischen Natur ihres Secretes unterscheiden.

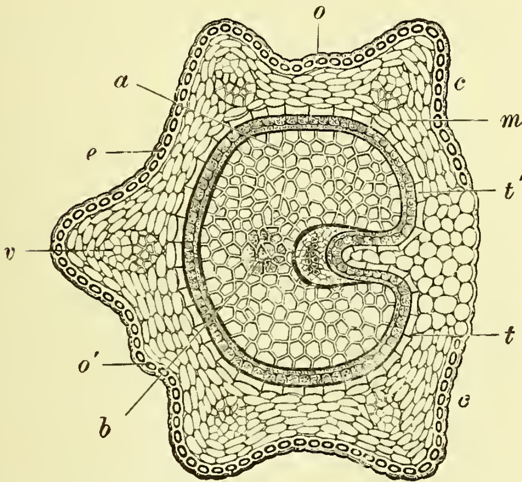
Eine sehr bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit der Excretzellen ist die, dass in der Mehrzahl der Fälle ihre Wand verkorkt ist[1]), und zwar

---

[1]) Vergl. Zacharias, Bot. Zeit. 1879, S. 617. — de Bary, Anatomie. — Vogl, Pringsh. Jahrb. V. und Schrift. d. Zoolog. bot. Ges. Wien 1863. — Von Höhnel, Ueber den Kork (s. d.). — Ich habe nachgewiesen (Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1888, S. 140), dass die Verkorkung bei Excretzellen eine weit verbreitete Erscheinung ist.

für gewöhnlich in der gleichen Art wie bei echten Korkzellen, d. h. es ist nur eine Membranschicht durch Suberineinlagerung verändert, innerhalb welcher dann noch eine, freilich meist sehr zarte, Celluloselamelle liegt. Letztere fehlt aber nicht selten.

Fig. 549.



Querschnitt durch ein Mericarpium von *Conium maculat.* *a* Sameneiweiss, *v* Gefässbündel in den Rippen, *m* die Fruchtschale, *t* und *t'* Coniinschicht derselben. Vergr. 30 (Flückiger).

Während die schizogenen Excretbehälter in ihrer Vertheilung eine gewisse Regelmässigkeit zeigen, sind die Excretzellen meist regellos über die Gewebe vertheilt.

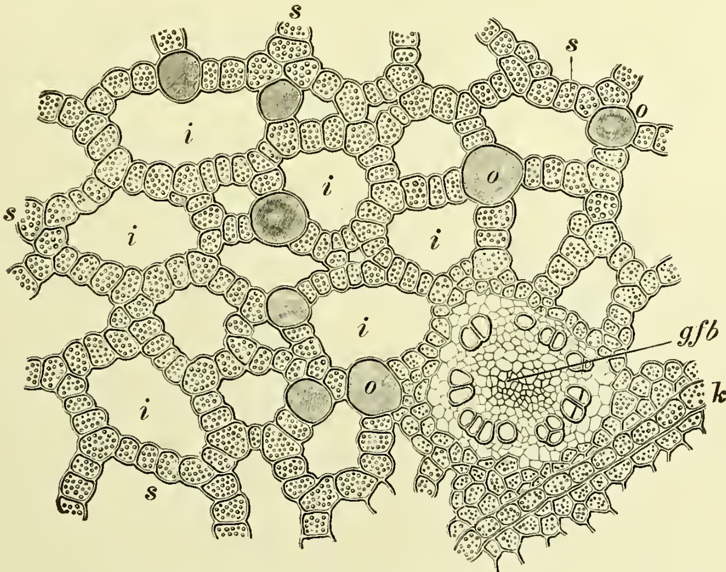
Nur bei *Rhiz. calami* befolgen sie insofern eine gewisse Regelmässigkeit in der Anordnung, als sie dort, wo mehrere Luftlücken an einander grenzen, zu liegen pflegen (Fig. 550).

Gestreckte Excretzellen nennt man Schläuche.

1. Harzzellen und Zellen mit ätherischem Oel finden sich in sehr zahlreichen Drogen in typischer Ausbildung.

Sie sind für gewöhnlich dünnwandig, von rundlicher Gestalt und wenig oder gar nicht gestreckt, oft durch das Secret stark blasig aufgetrieben (*Acorus* [Fig. 550]). Sie erscheinen entweder ungefähr von gleicher

Fig. 550.



Querschnitt durch einen Theil des *Kalmus*rhizoms an der Endodermis (*k*), *s* stärkeführendes Parenchym, *i* Intercellularräume, *o* Oelzellen, *gfb* Gefässbündel. Vergr. 110 (Tschirch).

Grösse wie die übrigen Zellen (*Zingiberaceen*rhizome: *Rhiz. galangae* [Fig. 551], *Rhiz. curcumae* [Fig. 302], *Rhiz. zingiberis, Rhiz. zedoariae)* oder sind etwas

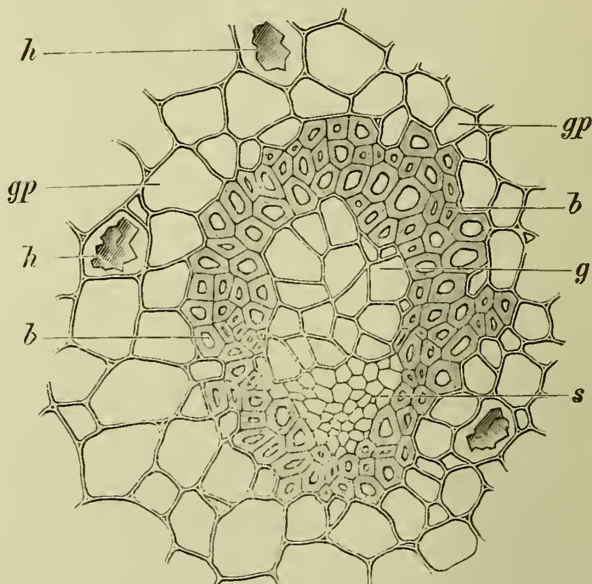
grösser *(Rhiz. calami* [Fig. 550], *Cort. canellae* [Fig. 313], *Fol. Lauri, Camphora officinalis* (Holz), *Sassafras officin.* (Blatt [Fig. 554]), *Cubebe* (Fig. 552 u. 553), *Macis* (Fig. 555), oder kleiner (Pfefferfrucht [Fig. 55], Fruchtschale der *Cardamomen)*.

Im frischen Zustande sind sie von dem Oeltropfen vollständig erfüllt, in den Drogen findet sich in ihnen entweder noch ein mehr oder weniger grosser Oeltropfen *(Rhiz. zingiberis, Fol. Lauri)* oder ein Harzballen *(Rhiz. galangae* [Fig. 551]) oder ein kristallinisches Gemenge *(Piper)*.

Nicht selten ist der Oeltropfen oder Harzballen durch Farbstoffe tingirt, z. B. bei *Rhiz. curcumae* durch Curcumin.

Unverhältnissmässig dickwandig sind die Oelzellen in der Rinde von *Canella alba* (Fig. 313). Ein Wechsel in dem Secret scheint bei den Zimmtrinden einzutreten, wo die Schleimzellen später in Oelzellen übergehen (S. 200). In der (verkorkten) äusseren Endodermis der Wurzel tritt Oel bei *Valeriana officinalis* auf. Bisweilen findet sich selbst in vollständig ausgebildeten Oelzellen noch ein Zellkern *(Acorus* nach JOHOW).

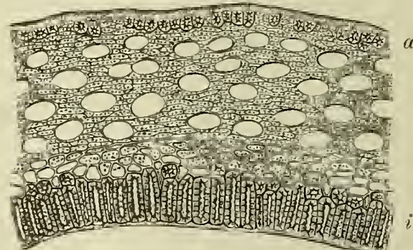
Fig. 551.



Collaterales Gefässbündel aus dem Rhizom von *Alpinia officinarum (Rhiz. galangae)*, rings von einer Strangscheide *(b)* umgeben. *g* Gefässtheil, *s* Siebtheil, *gp* Grundparenchym, *h* Harzzelle (Tschirch).

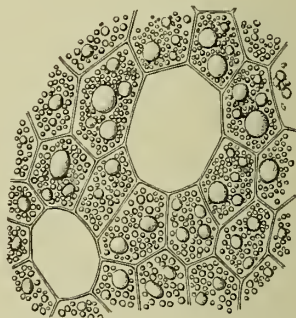
Während es als Regel gilt, dass die Oelzellen idioblastenartig einzeln oder doch nur zu zweien einander genähert (Bombay-*Macis)* im Gewebe auftreten, liegen die verkorkten Oelbehälter des *Andropogon Schönanthus*

Fig. 552.



Querschnitt durch die *Cubebenfruchtschale*; *a* äussere, *i* innere Steinzellenschicht; im Mesocarp zahlreiche Oelzellen. Vergr. 105. (Berg).

Fig. 553.



Aus dem Endosperm der *Cubeben*, Oelzellen und Stärkeparenchym. Vergr. 200 (Möller).

(Iverancusa), die das *Iverancusaöl (Ol. siri, syrae)* enthalten, in der Mittelschicht der Blattlamina in grosser Zahl neben einander. Sie sind 40 bis 60 Mik. weit und 80—200 Mik. lang.[1])

[1]) Von HÖHNEL, Ueber die Art des Auftretens einiger vegetabilischer Rohstoffe. Sitz. d. Wiener Akad. 89. 1 (1884). Fig. 3 u. 4.

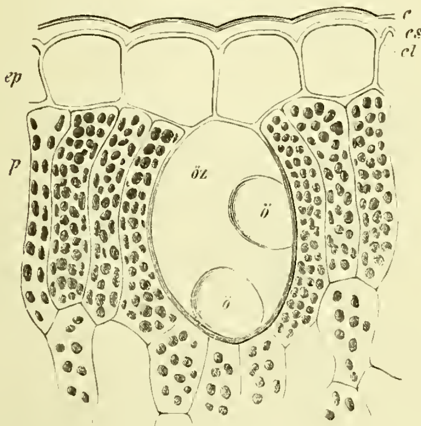
Bei einigen Pflanzen werden die intercellularen Secretcanäle der oberirdischen Organe in den unterirdischen durch Oelzellen vertreten *(Lysimachien, Myrsineen)*.

Verkorkt sind die Oel- bez. Harzzellen bei der *Rhiz curcumae, Galangae, Zedoariae, Zingiberis, Cort. sassafras* (und den Blättern von *Sassafras officin.)*. der Fruchtschale der *Cardamomen*, dem Holze von *Laurus Camphora*, den *Fol. lauri*, *Fol. Matico*, der *Cort. dicypellii, Rhiz. calami, Cort. canellae*, *Cort. cascarillae*, *Cort. angosturae*, dem *Macis*, der Fruchtschale und dem Perisperm des *Pfeffer* und der *Cubeben*, der Fruchtschale des *Sternanis*.

Zacharias fand sie verkorkt im Stamm und Blatt von *Acorus Calamus*, bei *Hedychium Gardnerianum*, *Globba marantioides*, der Piperacee *Peperomia* (Stamm und Blatt), bei *Laurus Camphora* (Stammrinde), dem Rhizom von *Asarum europaeum*, von Höhnel bei *Calycanthus floridus* (Rinde). Unverkorkte Oel-, bez. Harzzellen sind selten.

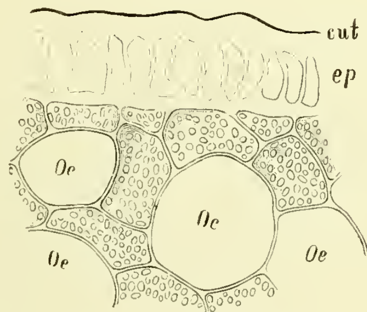
Die ebenfalls mit einer verkorkten Wand versehenen Milchsaftzellen der *Jalape* (Fig. 548 m) [1]) und anderer *Convolvulaceen* [2]) gehören wohl

Fig. 554.



Querschnitt durch eine Oelzelle mit umgebendem Gewebe des Blattes von *Sassafras officin*. *ep* Epidermis, *c* Cuticula, *cs* Cuticularschichten, *cl* Celluloselamelle, *öz* Oelzelle mit *(ö)* Oeltropfen, *p* Palissadengewebe (Tschirch).

Fig. 555.



Randpartie der *Macis* im Querschnitt. *ep* Epidermis, *cut* Cuticula, *Oe* Oelzellen, dazwischen Parenchym mit Amylodextrinstärke (Tschirch).

eher hierher als zu den Milchsaftbehältern. Das Gleiche gilt von den Gummiharzschläuchen der Chinarinden (Fig. 311 *s)*. Harz- und Oelzellen finden sich auch bei *Persea*. *Nectandra*, *Garcinia*. *Xanthochymus*. *Dipsacaceen* (im Pericycle van Tieghem's). *Myrsineen*, *Balsamea* (Fig. 399 *s)* u. and., entweder als einzige Form der Excretbehälter oder als Begleiter anderer.

2. Schleimzellen. Dieselben gehören streng genommen nicht hierher, da der in ihnen, sei es im Inhalte *(Orchis)*, sei es in Form secundärer Membranverdickungsschichten *(Rad. althaeae, Cort. cinnamomi, Flor. tiliae)* enthaltene Schleim wohl eher ein Reservestoff ist als ein Excret, in der Mehrzahl der Fälle jedenfalls wieder für die Pflanze nutzbar gemacht wird. Verkorkte Schleimzellen finden sich bei den *Laurineen*.

3. Gerbstoffzellen. Der Gerbstoff tritt dort, wo er in der

---

[1]) Dass der Inhalt der *Jalapen*-Milchzellen nicht durch Umwandlung der Membran entsteht, wie Wigand meinte, zeigte bereits Schmitz. Bot. Zeit. 1875.

[2]) Z. B. *Batatas edulis* (Stengel). Vogl, Schrift. d. zoolog. bot. Ges. in Wien 1863. Trécul, Ann. sc. nat. 1866, S. 53.

Pflanze vorkommt, stets im Inhalt von Zellen auf und ist wenigstens in einigen der Fälle sicher ein Excret. Selten sind die Gerbstoffzellen Idioblasten (im Siebtheil der primären Stengelbündel von *Phaseolus multiflorus)*, meist treten sie gesellig auf *(Siliqua dulcis* [Fig. 128], *Rhamnus cathartica*, Samenschale der *Dattelkerne* [Fig. 519]) oder gar nicht besonders differenzirt, so dass jede parenchymatische Zelle zur Gerbstoffzelle werden kann *(Salix, Quercus*rinde).

Bisweilen sind die Gerbstoffzellen verkorkt und beim Eintrocknen löst der Inhalt die verkorkte Lamelle von der primären Membran ab und tritt als den Inhalt sackartig umhüllende Haut zurück.

Für gewöhnlich weichen die Gerbstoffzellen in Form und Grösse nicht oder nicht unwesentlich von dem umgebenden Gewebe ab, sind also mehr oder weniger isodiametrisch oder doch nur wenig (6—8mal) länger als breit *(Robinia Pseudacacia)*. Im Parenchym der Rinde und des Markes von *Sambucus nigra* jedoch treten sie als lange Schläuche auf, die bei einer Weite von 25—164 Mik. (Dippel [1]) die Länge eines ganzen Internodiums (20 Cm.) erreichen können (de Bary) [2]), jedenfalls 20 Mm. lang werden. Sie obliteriren meist späterhin und durchziehen als braune Streifen das Gewebe, weshalb sie Oudemans für einen Pilz (*Rhizomorpha parallela*) hielt. Ihr Inhalt gibt starke Gerbstoffreaction, quillt in Wasser und speichert Anilinfarbstoffe begierig.

Schlauchförmig gestreckt sind ebenfalls die Gerbstoffbehälter in der Epidermis von *Linaria Cymbalaria* (Engler). Exquisite Gerbstoffschläuche mit verkorkter Membran finden sich auch in den Blättern der *Crassulaceen* und *Mesembryanthemeen;* bei ersteren werden sie 1—10 Mm. lang, bei letzteren 240—300 Mik. breit und 360—400 Mik. lang (Zacharias).

Das Kino findet sich in zu zwei- bis achtgliedrigen Gruppen vereinigten, 50—100 Mik. weiten und 100—500 Mik. langen (v. Höhnel), unverkorkten, schlauchartigen Zellen. Dieselben liegen in der secundären Rinde der Zweige von *Pterocarpus Marsupium.* Bei einer „*Myroxylon Paraguay*" bezeichneten Pflanze des Berliner Herbars fand ich an derselben Stelle ganz analoge, grosse, gleichfalls langgestreckte, aber kürzere, zu Gruppen vereinigte, mit Harz erfüllte Secretzellen. [3]) Bezüglich der Secretzellen der Bixaceen vergl. hinten S. 501.

Auch die *Farne* besitzen, zumal in der Nähe der Gefässbündel, oft Gerbstoffschläuche und besonders reich sind die *Leguminosen* daran. [4])

4. Kristallzellen. Das Calciumoxalat (vergl. S. 101) kann in jeder lebensthätigen Parenchymzelle kristallinisch ausgeschieden werden. In der That finden wir auch oftmals Zellen, die derartige Kristalle neben anderen Zellinhaltsbestandtheilen führen, im Gewebe regellos verstreut (besonders in Blättern und Blattstielen: *Begonia*); ein häufiger Fall ist aber auch der, dass das Calciumoxalat in besonderen idioblastisch ausgebildeten Kristallzellen, Kristallbehältern, Kristallschläuchen auftritt, entweder in Form von Einzelkristallen, bez. Zwillingen *(Rad. glycyrrhizae)* oder Drusen (*Malvaceen, Tiliaceen*) oder Raphidenbündeln *(Aloë, Scilla, Vitis*, besonders *Monocotylen)* oder Kristallmehl *(Fol. belladonnae, Jurubeba*wurzel, *Cort. chinae,* Stammrinde von *Cupressineen*, *Sambucus)*.

Die Wandung der Kristallschläuche ist meist dünnwandig und oft

---

[1]) Die milchsaftführenden Zellen der Hollunderarten. Verh. d. naturwiss. Ver. für Rheinl. u. Westph. 1866.

[2]) Anatomie, S. 155.

[3]) Die Pflanze erwies sich als ein *Pterocarpus*.

[4]) Trécul, Du Tannin dans les Légumineuses. Compt. rend. LX, S. 225, et dans les Rosacées, ebenda, S. 1035. — Sanio, Ueber den Gerbstoff und seine Verbreitung. Bot. Ztg. 1863. — Wigand, Bot. Ztg. 1862.

verkorkt (*Aloë*blatt, *Mesembryanthemum*blatt, *Hohenbergia strobilacea*-Blatt). Seltener finden sich Kristalle in Sclereïden (bei *Cort. chinae* selten, bei *Rad. Colombo* regelmässig); die Angabe J. Möller's, dass wohl ausgebildete Kristalle in dickwandigen, nicht gut ausgebildete und Drusen in dünnwandigen entstehen und vorkommen, finde ich in dieser Allgemeinheit nicht bestätigt.

Die Kristalle füllen bisweilen die ganze Zelle aus, ja bedingen ihre Gestalt, wie z. B. die Raphiden, resp. werden in ihrer Form von der Gestalt der Zelle beeinflusst. Oft ist in den Kristallzellen auch ein Plasmaschlauch, noch häufiger Schleim aufzufinden, in den z. B. ganz allgemein die Raphiden eingebettet zu sein pflegen.

Die Form der Kristallschläuche ist entweder die nicht different ausgebildeter Zellen oder kurzer Behälter (Raphidenbehälter) oder langer Schläuche (*Jurubeba*, Fig. 153). Am häufigsten dürften sie aber in Form kurzer, über einander gestellter, zu einer Kristallkammerfaser (s. S. 108) vereinigter Zellen vorkommen, die die Gefässbündel und Bastzellgruppen zahlreicher Pflanzen begleiten, oft in der secundären Rinde auftreten und durch Quertheilung einer Cambiumzelle in 2—20—30 „Kammern" entstehen. Auch die Raphidenschläuche (*Amaryllideen, Liliaceen*) und Kristallsandzellen (*Cort. chinae*) stehen oft in Reihen übereinander.

Kristallzellen finden sich im Leitparenchym, in der primären und secundären Rinde, im Mark, in den Blattnerven und dem grünen Blattgewebe, meist in der Nähe der Gefässbündel, speciell des Siebtheils und der mechanischen Elemente.

Gegen den Herbst ist in den Blättern eine vermehrte Calkoxalatablagerung zu beobachten. Bezüglich der Bedeutung des Calkes vergl. oben S. 112. Jedenfalls wird das Oxalat nur in Ausnahmsfällen gelöst, meist ist es ein echtes Excret.

Auch die Cystolithen (S. 113) sind wohl als Aufspeicherungsorgane als Excret ausgeschiedenen Calkes zu betrachten.

5. Excretschläuche vom Charakter echter Zellen mit anderem Inhalt als den bisher genannten Stoffen finden sich bei den Aloëarten im Blatt.[1]) Dieselben sind ziemlich weit, sehr dünnwandig, 600—700 Mik. lang, verkorkt, und enthalten den braunen Aloësaft. Sie liegen zu grossen Gruppen vereinigt vor den Gefässbündeln (Fig. 131).

Intercellulare Excretbehälter.

Sehr häufig finden sich Excrete in intercellularen Behältern. Diese Behälter entstehen auf zweierlei Art, entweder durch Auseinanderweichen ursprünglich verbundener Zellen, man nennt sie alsdann schizogene[2]), oder durch Auflösen, bez. Zerreissen der Membranen einer Gruppe von Zellen, sie heissen dann lysigene[3]) oder rhexigene (de Bary) Excretbehälter, oder endlich durch Combination beider Entstehungsarten, indem zuerst ein Auseinanderweichen und sodann Auflösung beobachtet wird; letztere Canäle nenne ich schizolysigene.[4])

Nach dem Entwicklungsstadium, in welchem die Bildung erfolgt, kann man protogene[5]), solche, deren Bildung mit der ersten Gewebs-

---

[1]) Vergl. auch Prollius, Bau u. Inhalt der *Aloineen*blätter. Arch. d. Pharm. 1884. — Berg-Schmidt, Atlas, Taf. IV. — Zacharias, Bot Zeit. 1879. — Wigand, Pharmakognosie, Fig. 188.

[2]) σχίζω spalte, γεννάειν erzeugen.

[3]) λύω löse.

[4]) Alle drei Formen können auch Luft enthalten (s. Durchlüftungssystem).

[5]) πρῶτος, der erste.

differenzirung eintritt, und hysterogene[1]), welche erst in fertigen, älteren Geweben nachträglich entstehen, unterscheiden (FRANK).[2]) Betheiligt sich die Epidermis an ihrer Bildung, so nennt man sie dermatogene.[3]) Für die ölführenden Räume werde ich folgende Terminologie brauchen. Die ölführenden Zellen nenne ich Oelzellen, die schizogenen Oelbehälter: Oel- oder Harzbehälter oder Oelräume, die lysigenen: Oel-, bez. Harzlücken.

a) Schizogene Excretbehälter.

Die schizogenen Excretbehälter sind gerade bei den Drogen ausserordentlich verbreitet und stellen neben den Excretzellen gewissermassen

Fig. 556.

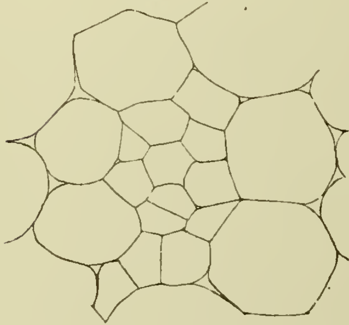


Fig. 557.

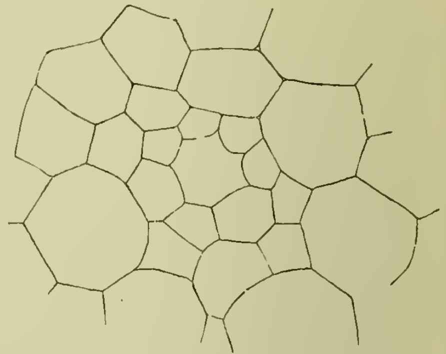
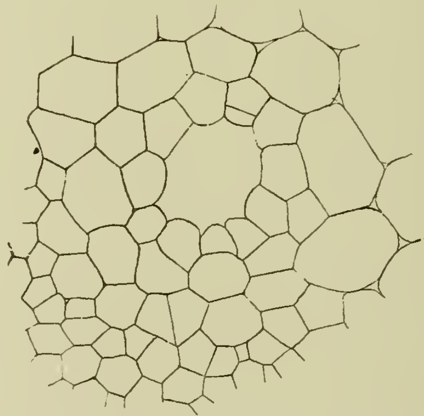


Fig. 558.



Entwicklungsgeschichte eines schizogenen Milchcanals aus dem Stengel von *Ferula tingitana*. Vergr. 350 (Tschirch).

die typische Form der Excretbehälter dar. Man kann sie nach der Art des Secretes und nach ihrer Form eintheilen. Legt man erstere Eintheilung zu Grunde, und dies soll hier, übereinstimmend mit dem vorigen Capitel, geschehen, so kann man unterscheiden:

1. Aetherisches Oel-, bez. Harz- oder Balsam führende.[4])

[1]) ὕστερος, später.
[2]) Beiträge zur Pflanzenphysiologie, S. 101.
[3]) δέρμα Haut, γεννάειν erzeugen.
[4]) Unter Balsam soll hier stets ein Gemenge von ätherischem Oel und Harz verstanden werden.

2. Gummiharz-, bez. Milchsaft führende.
3. Gummi-, bez. Schleim führende.

Ihrer Form nach kann man rundliche oder wenig gestreckte und lange, gangartige unterscheiden.

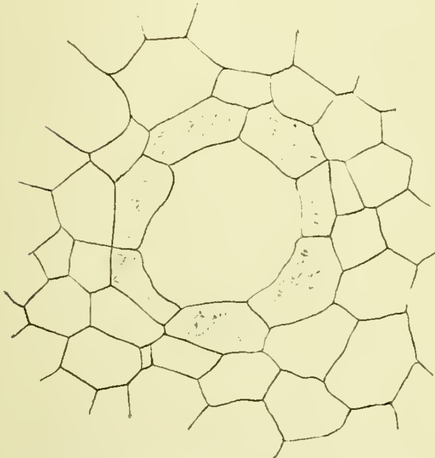
Erstere werden von einigen Autoren als innere Drüsen bezeichnet, eine Terminologie, der ich mich nicht anschliesse.

Stets entsteht bei den schizogenen Excretbehältern der Canal durch Auseinanderweichen von ursprünglich vereinigten Zellen (Fig. 556—558).

Die Anlage protogener schizogener Excretbehälter geht entweder in der Weise vor sich, dass Zellen, welche nach Anordnung und Entstehung den umgebenden, nicht an Secretbehälter grenzenden, Elementen gleich sind, an der einen Berührungskante auseinanderweichen, oder in der Weise, dass zuvor eine besondere behufs Bildung eines Secretraumes später auseinanderweichende Zellgruppe durch vorherige Theilungen ursprünglich mit den umgebenden gleichartiger Zellen, angelegt wird.

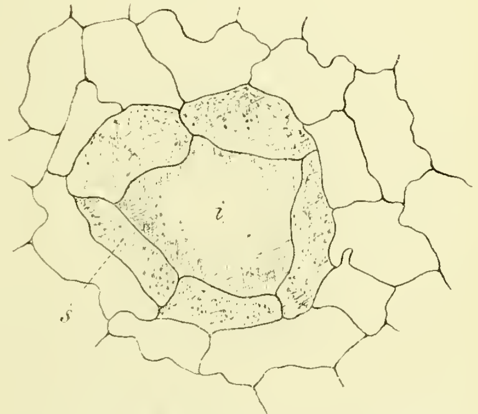
Der Secretbehälter entsteht also entweder direct ohne vorherige oder indirect nach erfolgten Theilungen.

Fig. 559.



Aelterer schizogener Milchcanal aus der Wurzel von *Ferula tingitana* (Tschirch).

Fig. 560.



Milchcanal aus Wurzelstücken, die aus gewöhnlicher *Asa foetida* ausgelesen wurden. *s* Secernirungszellen. *i* Secretführender Intercellulargang (Tschirch).

Direct entstehen die schizogenen Excretbehälter im secundären Holze der *Abietineen (Pinus* [1]), die Oelbehälter in der primären Rinde der *Compositen*wurzeln, nach vorherigen Theilungen, also indirect, entstehen die primären schizogenen Oelbehälter im Pericambium der *Umbelliferen*wurzeln, die Schleimbehälter von *Cycas*, die Milchsaftbehälter von *Alisma* (Frank, N. J. C. Müller).

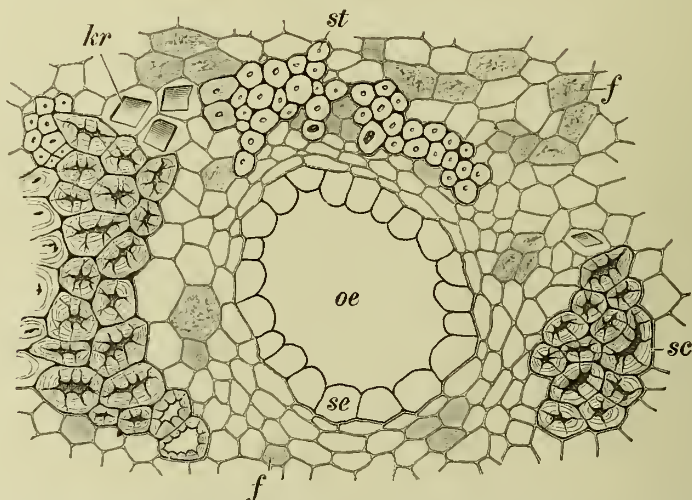
In der Rinde von *Pinus* und *Larix* treten vor der Entstehung des Intercellularcanales nach Mayr nicht kreuzweise Theilungen einer Zelle ein, die zur Entstehung der vier, den Canal begrenzenden primären Secernirungszellen führen, sondern die Canalbildung nimmt in der Regel von der breiten Fläche zweier an einander grenzender Zellen ihren Anfang, so dass zunächst eine Spalte entsteht und die beiden anderen Zellen nun erst an den Canal herantreten.

---

[1]) Sanio, Pringsh. Jahrb. IX.

Im Verlaufe des Wachsthums der Organe findet meist auch eine Erweiterung des ursprünglich nur engen intercellularen Canals statt. Mit dieser Erweiterung geht meist auch eine Vermehrung der an den Canal grenzenden Zellen durch radiale oder tangentiale Theilungen Hand in Hand. Während ursprünglich der Regel nach nur 4 Zellen den Canal begrenzen, steigt dadurch, dass in jeder der 4 Zellen oder nur in einigen derselben radiale Wände auftreten, die Zahl derselben oft erheblich, bei *Pinus* und *Myroxylon* z. B. auf 6—8 oder auf noch höhere Ziffern (Rinde der *Coniferen*, *Rhus*, *Pittosporum)*, bei *Balsamodendron* auf 18--22 (Fig. 561). Nur bei den *Umbelliferen* bleibt ihre Zahl oft gering (Fig. 559, 560), doch besitzt das Rhizom von *Imperatoria* Canäle mit bis zu 20 Secernirungszellen (Fig. 578). Selbst weite Oelcanäle der *Angelica*wurzel sehe ich aber von nur 4—6 Zellen umgeben und bei *Ferula* besassen selbst die ältesten Canäle auch nur 4—6 Secernirungszellen (Fig. 560). Bei den *Coniferen* sind 4, 2 × 4, 2 × 3, 2 × 4 — 1 häufige Zahlen (N. J. C. Müller). Da die Theilung, wie gesagt, der Regel nach nicht in allen den Canal begrenzenden Zellen eintritt, so braucht

Fig. 561.



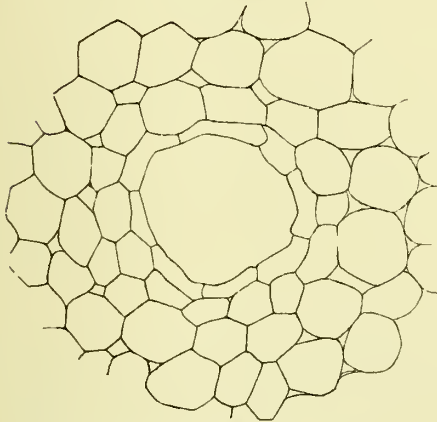
Schizogener Harzbehälter aus der Rinde von *Balsamodendron abyssinicum* (*se* Secernirungszellen, *oe* Oe raum) mit umgebenden Gewebe, *st* Bastzellen, *sc* Sclereïden, *f* Farbstoffzellen, *kr* Kristallzellen (Tschirch).

die Zahl derselben auch nicht durch 2 theilbar zu sein, 5 und 7 Secernirungszellen finden sich denn auch oft. Andererseits können nun aber auch die den Secretraum umgebenden Zellen tangentiale Theilungen erfahren (Fig. 556, 558), so dass der Secretraum nicht nur von einer einfachen, sondern von einer doppelten oder, da auch diese Theilungen nicht in allen Zellen gleichmässig vor sich zu gehen pflegen, theilweise doppelten Zellschicht umgeben ist (Rinde von *Pittosporum, Hedera*, *Umbelliferen*wurzeln, Blätter der *Pinus*-Arten).

„Schreitet die Vermehrung der Secernirungszellen andauernd fort, wächst das ganze Organ rasch in die Dicke und Länge und halten die umliegenden Parenchymzellen einen für ihre Ausdehnung ungünstig ungleichen Schritt mit den Grenzzellen des Canals, so ist klar, dass ein grosser Intercellulargang entstehen kann, und dass zunächst die Ausdehnung der Grenzzellen des Ganges auffallend grösser als die der umliegenden Zellen sein muss. Letztere werden dadurch aus ihrer radialen Anordnung verschoben und zum Theil zusammengedrückt. Hierdurch und durch das Auftreten tangentialer Wände in den Grenzzellen oder deren

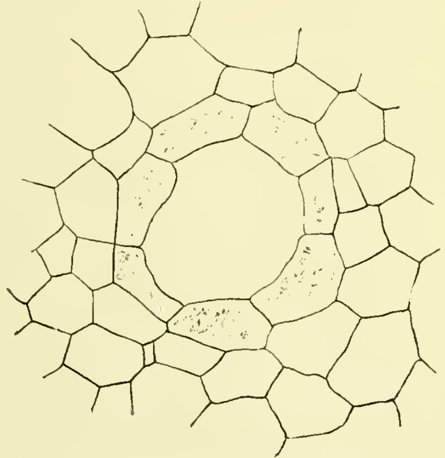
Tochterzellen wird die Umgebung des Intercellularraumes zu einem eigenen Schichtencentrum und alle den Canal umgebenden Zellen erscheinen in Beziehung zum Canal tangential gedehnt und zusammengedrückt" (N. J. C. Müller) — eine Eigenthümlichkeit, die die älteren Harz- und Gummiharz-

Fig. 562.



Ein Milchcanal aus dem Mark des Stammes von *Ferula galbaniflua* (Tschirch).

Fig. 563.

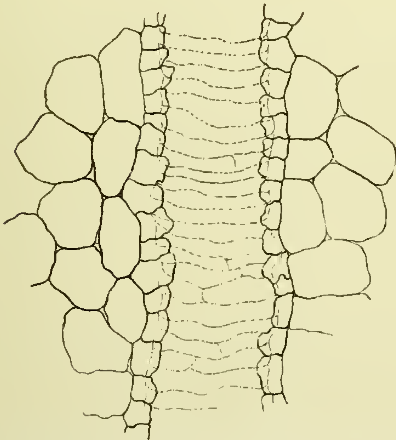


Aelterer Milchcanal aus der Wurzel von *Ferula tingitana* (Tschirch).

gänge der *Abietineen, Cycadeen* und *Terebinthaceen*, aber auch jüngere Oelbehälter, z. B. die der *Caryophylli*, schon erkennen lassen (Fig. 485).

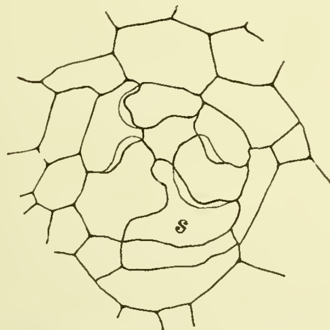
Gewöhnlich weichen zur Bildung des Canales 4 Zellen auseinander, doch kommt es auch vor, dass von vorneherein sich mehr oder auch weniger dabei betheiligen.

Fig. 564.



Längsschnitt durch einen schizogenen Milchcanal einer *Ferula*wurzel (Tschirch).

Fig. 565.



Schizogener Oelbehälter aus der Rinde von *Balsamea Myrrha*. Das Secernirungsepithel *(s)* thyllenartig vorgestülpt (Tschirch).

So entstehen die Vittae, Striemen oder Oelstriemen der *Umbelliferen*-Früchte z. B. durch Auseinanderweichen einer Reihe von Zellen [1]), wodurch

[1]) Nach Lange (Ueber die Entwicklung der Oelbehälter in den Früchten der *Umbelliferen*. Königsberg 1884) entstehen auch diese Behälter durch Auseinanderweichen von 4 Zellen.

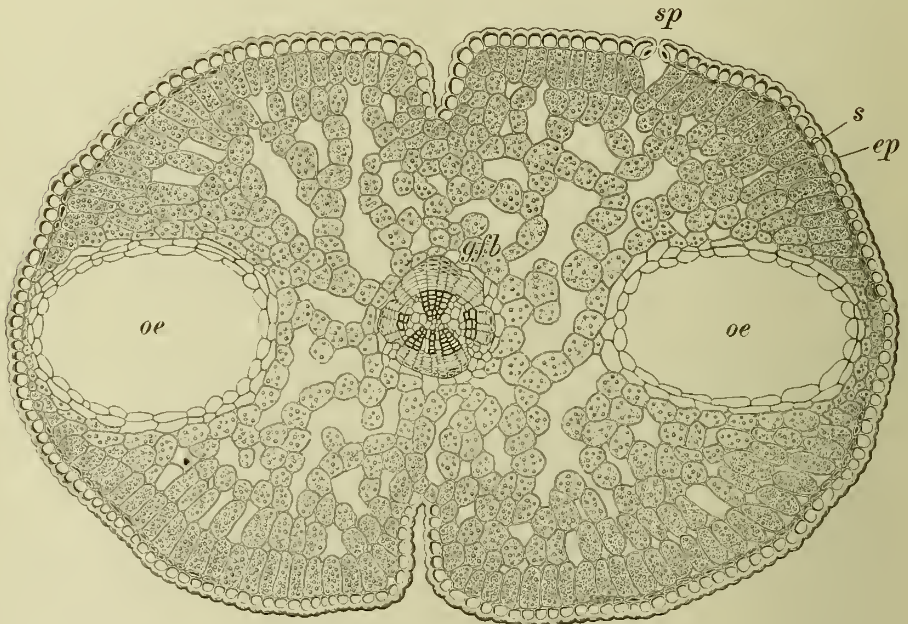
zunächst ein schmaler, spaltenförmiger Raum sich bildet, der sich erst nach dem Auftreten des ätherischen Oeles und wohl auch erst in Folge desselben erweitert und abrundet.

Ganz kleine spaltenförmige Secretbehälter können durch Auseinanderweichen von nur 2 Zellen entstehen.

Bei dem Vorgange des Auseinanderweichens ursprünglich verbundener Zellen muss entweder die Intercellularsubstanz (primäre Membran) gelöst oder gespalten werden. Was von beiden stattfindet, bleibt zu untersuchen.

Die den Secretraum auskleidenden Zellen sind stets dünnwandig, schliessen seitlich lückenlos aneinander und wölben sich der Regel nach papillös in den Secretraum vor (Fig. 561). Nur dort, wo Theilungen in diesen Zellen nicht eintreten, die Zellen also in Folge des Wachsthums und der Erweiterung des Canales gespannt werden, tritt eine solche Vor-

Fig. 563.



Querschnitt durch zwei opponirte Blätter von *Juniperus Sabina (Sabina officinalis)*. *ep* Epidermis, *s* subepidermale Bastzellreihe, *sp* Spaltöffnung, *oe* Oelbehälter, das *Ol. Sabinae* enthaltend (Tschirch).

wölbung gegen den Secretraum nicht ein (einige *Umbelliferen*wurzeln). Meist weichen die den Canal auskleidenden Zellen in Form und Wandung von den benachbarten ab, sind kleiner oder grösser als diese und dünnwandiger, so dass sie meist sofort auffallen. Da von ihnen das Excret in den Intercellularraum secernirt wird, kann man sie Secernirungszellen und die ganze Auskleidung des Intercellularcanales das Secernirungsepithel oder kurzweg Epithel nennen. Selten (junge *Compositen*wurzeln) weichen die Secernirungszellen in ihrer Form nicht von den benachbarten Gewebszellen ab. Meist sind sie von kleinerem Querdurchmesser, selten von grösserem (*Compositen*wurzeln). Bei langen schizogenen Gängen sind die Secernirungszellen oft, aber durchaus nicht immer, in der Richtung der Canalaxe gestreckt, also längsgestreckt-prismatisch, bei *Umbelliferen* sind sie oft nur kurz und niedrig.

Eine sehr eigenthümliche, wie es scheint, weitverbreitete Erscheinung ist die, dass die Secernirungszellen alter Secreträume sich trichom- oder thyllenartig in den Intercellularcanal vorwölben und oft den ganzen Canal verschliessen und ausfüllen (Fig. 565). Diese Erscheinung, die zuerst wohl von UNGER[1]) bei *Hypericum balearicum* an den Oelbehältern des Stengels, dann von HEGELMAIER[2]), in ihren ersten Stadien wenigstens, bei den Schleimgängen der *Lycopodien*, dann von PEFFER bei den Gummigängen der *Cycadeen*, von FRANK bei anderen schizogenen Räumen und von MAYR[3]) bei *Coniferen*harzgängen beobachtet wurde, ist, wie mich zahlreiche Beobachtungen lehren, eine bei Harzcanälen ganz gewöhnliche Erscheinung. Sie erzeugt oft einen so vollständigen Gewebeschluss, dass ein inneres Peridermband quer durch den verschlossenen Canal verlaufen kann (MAYR). Auch eine nachträgliche Verkorkung und Sclerose der Epithelzellen alter Canäle ist beobachtet worden.

Der Inhalt der Epithelzellen ist meist plasmatischer Natur; oft findet sich in ihnen auch Stärke *(Bixa)*, Gerbstoff, bisweilen sogar Chlorophyllkörner.

N. J. C. MÜLLER hat angegeben, dass bei den Oelbehältern der *Coniferen*, *Umbelliferen*, *Anacardiaceen*, *Compositen* und *Araliaceen* Oeltropfen eher in dem den Canal umgebenden Gewebe und den Secernirungszellen auftreten wie im Canal selbst. Daraus ginge hervor, dass das Secret nicht im Canal gebildet, sondern im Inhalte der demselben benachbarten Zellen und vom Secernirungsepithel in den Canal secernirt werde. N. J. C. MÜLLER fand, ebenso wie SACHS und VAN TIEGHEM junge Secretbehälter noch secretfrei, nur bei *Pinus* behauptet SANIO das Gegentheil. DE BARY scheint der Ansicht zuzuneigen, dass das Secret nicht auf dem Wege der Filtration oder Osmose aus dem Epithel in den Canal gelangt, sondern „zunächst als Bestandtheil der Zellwand anzusehen“ ist. Jedenfalls lassen sich die Secrete oftmals in der Wand der Secernirungszellen nachweisen.

MAYR[4]) hat nun neuerdings, wenigstens für *Fichte* und *Lärche*, wie mir scheint, einwurfsfrei nachgewiesen, dass das Secret nicht zuerst in dem umgebenden Gewebe und dem Epithel auftritt, sondern beide stets secretfrei sind, sowohl in der Jugend, wie auch später, und schon ganz junge Secretbehälter vollständig mit Secret erfüllt sind. Er ist der Ansicht, dass das Oel, das N. J. C. MÜLLER in dem den Canal umgebenden Gewebe fand, durch die Präparation aus den Canal dorthin gelangt ist. Meine Beobachtungen, die allerdings nicht sehr zahlreich sind, haben auch für einige der übrigen schizogenen Secretbehälter, bes. die der *Umbelliferen*, das gleiche Resultat ergeben: Das Secret tritt nur in dem Intercellularraume auf.

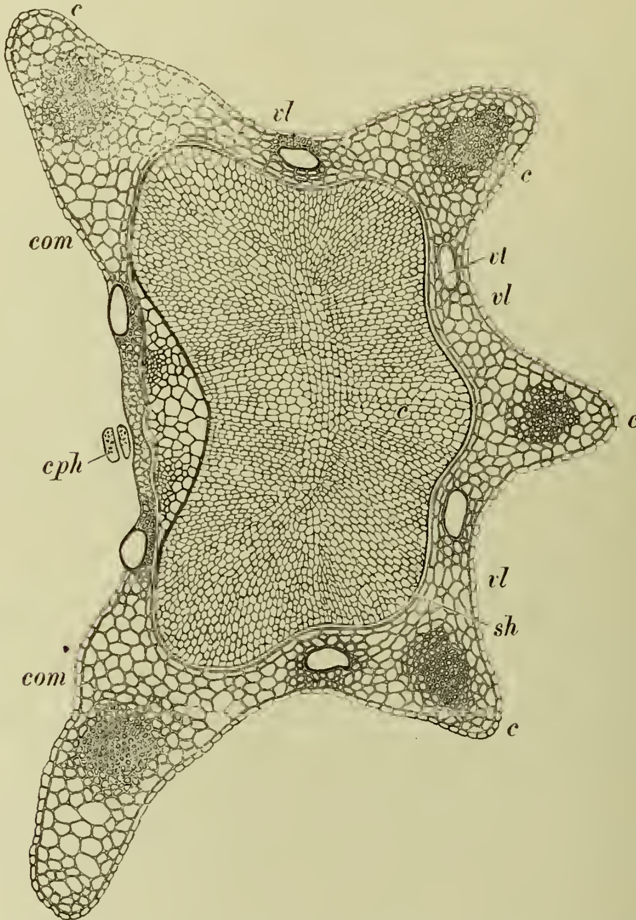
Die topographische Lage der schizogenen Excretbehälter ist eine ausserordentlich mannigfaltige aber für die betreffende Gattung oder Familie für gewöhnlich so charakteristische, dass VAN TIEGHEM[5]) sie diagnostisch für die Bestimmung der systematischen Stellung der betreffenden Pflanzen verwendet hat. Derselbe vertritt überhaupt die Ansicht, dass die Stellung der Excretbehälter von grösserer systematischer Bedeutung ist, als ihr Fehlen oder Vorhandensein, eine Ansicht, der man beipflichten muss. Um die Lage der schizogenen Excretbehälter im Einzelnen zu charakterisiren,

---

[1]) Anatomie u. Physiologie, S. 213.
[2]) Tageblatt der Leipziger Naturforscherversammlung 1872, S. 144.
[3]) Entstehung und Vertheilung der Secretionsorgane der *Fichte* und *Lärche*. Bot. Centralbl. 1884, XIX, S 23.
[4]) Bot. Centralbl. 1884.
[5]) Ann. sc. nat. 1885, 7. Ser., T. 1.

müsste ich lange Listen von Pflanzen geben, denn dieselbe wechselt sehr. Bald finden sie sich in der primären *(Myroxylon, Myoporeen)*, bald in der secundären Stammrinde *(Balsamea, Garcinia, Xanthochymus, Calophyllum)*, bald im primären Holzkörper *(Dipterocarpus)*, bald im secundären *(Pinus)*, bald im Mark *(Myoporeen)*, bald im Blattgewebe *(Pinus, Sabina)* oder dem *Hypanthium*, ja sogar in Kelch-, Blüthen- und Staubblättern und dem Griffel *(Caryophyllus* [Fig. 485]), den Fruchtblättern *(Juniperus* [Fig. 568 u. 572]) und der Fruchtschale *(Umbelliferen* [Fig. 567]) finden sie sich.

Fig. 567.



Querschnitt durch ein Mericarpium von *Foeniculum officinale*. *com* Commissuralseite, *c* Costae (juga) mit einem Bündelchen, *vl* Valleculae, *vt* Vittae, *c* Endosperm des Samens, *sh* Samenhaut, *cph* Carpophor (Tschirch).

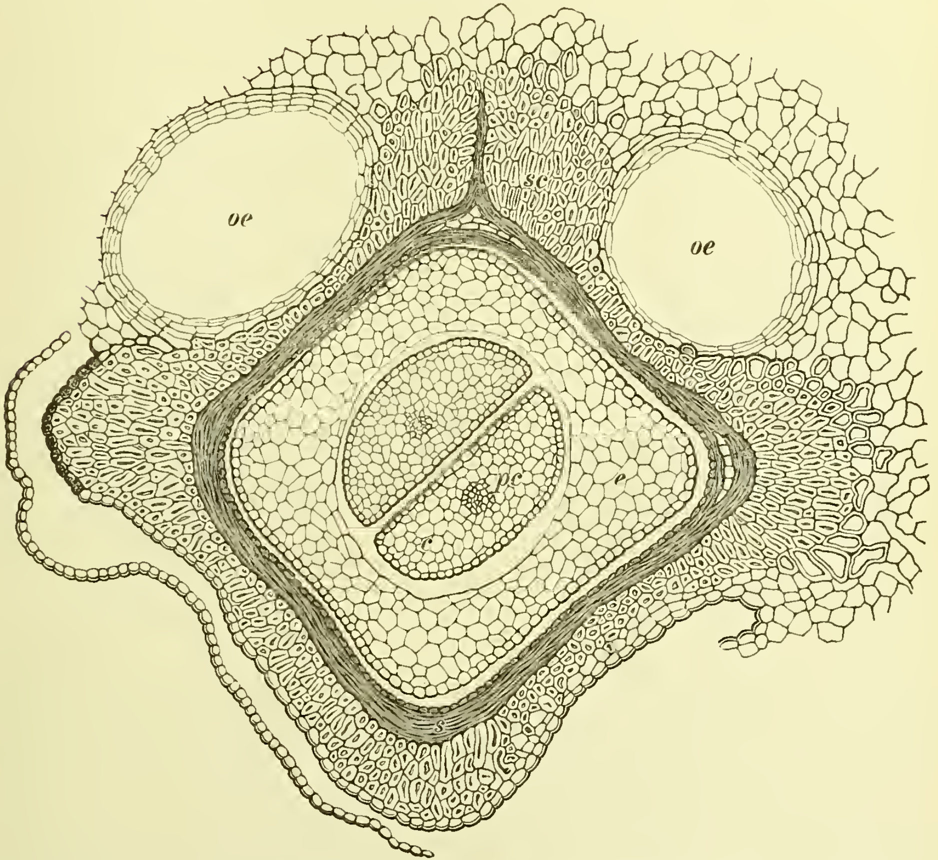
In allen diesen Theilen ist ihre Lage bald eine regelmässige, bald unregelmässige. Bei der Rinde der *Asa foetida*wurzel stehen sie z. B. in der Jugend in ziemlich regelmässigen concentrischen Reihen (Fig. 570), bei der *Rad. Angelicae* bilden sie in der Rinde oft Radialreihen (Fig. 569). Bei den Stengeln der *Umbelliferen* liegen sie unter den Collenchymbündeln und begleiten die markständigen Gefässbündel *(Dorema, Ferula, Opoponax* [Fig. 220, 480, 481]), bei *Balsamea Myrrha* liegen sie in mit dem Keratenchym abwechselnden Lagen (Fig. 399), bei den *Chines. Aphidengallen* von *Rhus semialata* begleiten sie die Bündel (Fig. 283, 587) und bei den *Coni-*

ferenblättern liegen sie so regelmässig, dass man sie zur Diagnose der Art benutzen kann (Fig. 359, 566). Unregelmässiger ist ihre Vertheilung im Holze der *Coniferen* und bei den *Compositen*. Häufig sind die schizogenen Excretbehälter von einer mechanischen Scheide umgeben (Fig. 359).

Die Weite der schizogenen Excretbehälter beträgt bei dem Blatte von *Melaleuca* 65—120 Mik., bei dem Fruchtblatte von *Juniperus commun.* aussen 100—150, innen 800—1000 Mik., bei *Rhiz. imperatoriae* in der Rinde 130—550, innen 50—80 Mik., bei *Rhiz. enulae* 135—300—500 Mik., bei *Rad. angelicae* aussen 140—200, innen 40—70 Mik., bei *Rad. levistici* aussen 70—160, innen 40—50 Mik., bei *Rad. Pimpinellae* 80—100 und 25—55 Mik. Die Vittae des Anis sind 25—75—100 Mik. weit.

1. **Schizogene Oel-**, bez. **Balsam- oder Harzbehälter** finden sich [1])

Fig. 568.



Querschnitt durch einen Samen von *Juniperus communis* mit umgebendem Gewebe. *sc* innerste sclerenchymatische Schicht der Fruchtschuppe (Samenschale?), *s* Samenhaut, *e* Endosperm, *c* Cotyledonen mit Procambiumbündeln *(pc)*, *oe* schizogene Oelbehälter (Tschirch).

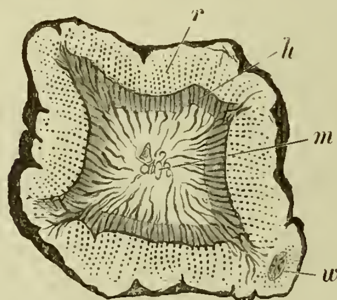
[1]) Vergl. N. J. C. Müller, Untersuchungen über die Vertheilung der Harze, ätherischen Oele etc. und die Stellung der Secretbehälter im Pflanzenkörper. Pringsh. Jahrb. 5, S. 387. — Frank, Beiträge zur Pflanzenphysiologie. Leipzig 1868. — Wigand, Pringsh. Jahrb. 3 und Botan. Zeit. 1850. — Mohl, Bot. Zeit. 1859. — v. Höhnel, Anatom. Untersuch. über einige Secretionsorgane d. Pflanzen. Wiener Akad. Sitzungsber. 1881, S. 565. — Thomas, Vergl. Anatomie der *Coniferenblätter*. Pringsh. Jahrb. 5, S. 48. — Hanausek, Ueber Harzgänge in den Zapfenschuppen einiger *Coniferen*. Jahresbericht der Handelsschule in Krems 1880, und zur Lage der Harzgänge. Irmischia. II (1882), Nr. 3—4. — Mayr, Bot. Centralbl. 1884, S. 278. — Lange, Ueber die Entwicklung der Oelbehälter bei den Früchten d. *Umbelliferen*. Dissertation. Königsberg 1884. — Bartsch, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der *Umbelliferen-*

bei der Tubuliflorenabtheilung der *Compositen (Rhiz. arnicae* [Fig. 575], *Rad. arnicae* [Fig. 430], *Rhiz. enulae* [Fig. 574]*)*, den *Coniferen (Pinus, Abies, Callitris quadrivalvis)*, bei beiden sowohl im Holz, wie in der Rinde, den *Umbelliferen*, und zwar in den Früchten (Vittae [Fig. 567]), Wurzeln (Fig. 570, 576), Stengeln (Fig 220, 480, 481) und Blättern *(Fruct. foeniculi, Rad. levistici, Herb. conii*, Stengel und Blattnerven), den *Araliaceen (Hedera Helix)*, *Pittosporeen*, *Clusiaceen*, *Anacardiaceen (Rhus*-Arten, auch in den chinesischen Gallen von *Rhus semialata*, der Rinde von *Pistacia Lentiscus (Mastix* [Fig. 586]), *Ailanthus*, *Brucea*.

Ferner finden sich schizogene Oelbehälter bei den *Myrtaceen (Myrtus communis*, Blatt, *Eugenia Pimenta* [Fig. 571], *Caryophyllus* [Fig. 485], *Eucalyptus globulus)*, bei *Hypericineen*, *Dipterocarpeen (Dipterocarpus)*, *Ternstroemiaceen*, *Leguminosen (Hymenaea, Trachylobium)*, *Burseraceen (Balsamea Myrrha* (Fig. 399), *Boswellia sacra)*, *Oxalis*, *Myrsine*.[1])

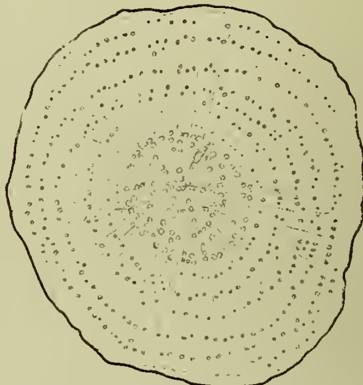
Bei diesen Pflanzen sind sie entweder sehr lang und gangartig *(Compositen, Coniferen, Umbelliferen, Araliaceen, Anacardiaceen)* oder bilden kurze, kugelige oder ovale Behälter *(Myrtaceen, Leguminosen, Burseraceen* u. and.). Die langen nenne ich Oelgänge, die kugeligen Oelräume

Fig. 569.



Querschnitt durch das Rhizom von *Angelica officinalis*. *m* Mark, *h* Holzring, *r* Rinde mit den Oelgängen (Tschirch).

Fig. 570.



Querschnitt durch einen Wurzelast von *Ferula tingitana*. Lupenbild. Die Excretbehälter in concentrischen Zonen (Tschirch).

(im engeren Sinne). Für letztere ist wohl auch der Name „innere Drüsen" in Gebrauch. Da ich jedoch die Bezeichnung Drüse für die äusseren — trichomatischen — Drüsen reservirte (vergl. S. 461), so werde ich mich des Ausdruckes Drüse für die kugeligen schizogenen und lysigenen Oelbehälter in diesem Buche nicht bedienen.

---

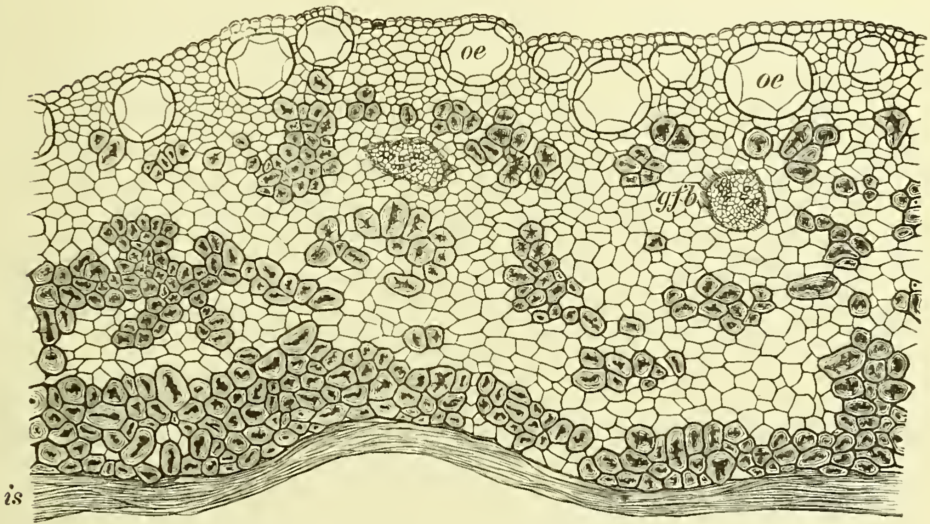
früchte. Dissertation. Breslau 1882. — G. Kraus, Pringsh. Jahrb. 4, S. 305. — Triebel, Ueber die Oelbehälter in den Wurzeln von *Compositen*. Leipzig 1885. — van Tieghem, Annal. sc. nat. 5. Ser., T. XVI; aus neuerer Zeit van Tieghem: Sur les canaux sécréteurs du pericycle dans la tige et la feuille des Umbellifères et des Araliacées. Bull. soc. bot. d. France. 31 (1884), S. 29; Sur les canaux sécrét. du pericycle dans la tige et la feuille des Pittosporées. Ebenda. S. 43; Sur les canaux sécrét. des Liquidambarées et des Simarubées. Ebenda, S 247; Sur la situation de l'appareil sécréteur dans la racine des Composées. Ebenda; Sur la disposition des canaux sécréteurs dans les Clusiacées, les Hypéricacées, les Ternstroemiacées et les Dipterocarpées. Bull. soc. bot. de France. 1884; Second mémoire sur les canaux sécréteurs des plantes. Ann. sc. nat. 1885, 7 ser., T. 1. — Meyer, Die Harzgänge im Blatt der *Abietineen* etc. Königsberg 1883. — Mahlert, Beiträge zur Kenntn. d. Anatomie d. Laubblätter d. *Coniferen*. Bot. Centrabl. 1885. — Vesque, Caractères des principales familles gamopétales tirés de l'anatomie de la feuille. Ann. sc. nat. 1885, S. 183. — de Bary, Anatomie u. and.

[1]) Vergl. v. Höhnel, Anatomische Untersuchungen über einige Secretionsorgane der Pflanzen. Wiener Akad. 1881, S. 565.

Bei den *Coniferen* finden sich schizogene Oel-, bez. Balsambehälter bei allen Arten mit einziger Ausnahme von *Taxus* und in fast allen Theilen der Pflanze. In den Blättern ist ihre Zahl und Lage nach den Species und Arten verschieden, bei *Pinus silvestris* liegt rings an der Peripherie des Blattes ein Kreis von Gängen (Fig. 359), bei *Pinus Nordmanniana* je einer an den beiden Blatträndern, bei *Juniperus Sabina* in jedem der schuppenförmigen Blätter ein grosser Gang (Fig. 566).

Im Einzelnen lassen sich hier folgende Verhältnisse beobachten. Die Blätter mit einem medianen Gefässbündel oder Gefässbündelpaare besitzen bei *Cupressineen*, *Sequoieen*, *Taxineen*, *Dacrydium*, *Podocarpus* u. and. einen Harzgang zwischen dem Bündel und der Epidermis der Blattunterseite, entweder dicht bei dieser, bisweilen sogar als Kiel oder Wulst vor-

Fig. 571.



Querschnitt durch die Fruchtschale des *Piment*. *oe* schizogene Oelbehälter, *gfb* Gefässbündel (Tschirch).

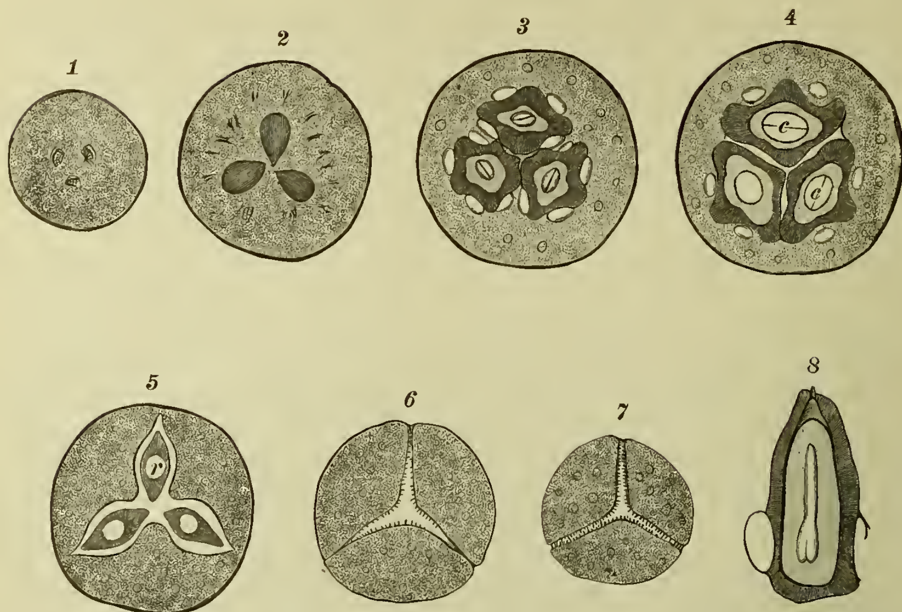
springend *(Juniperus, Thuja, Biota)* oder dem Siebtheile des Bündels genähert *(Cunninghamia)*. „Dazu kommen bei manchen Arten accessorische, in ihrer Stellung der constanten der *Abietineen* entsprechende. Diese liegen je einer an jedem Seitenrande des Blattes nahe der Oberfläche, sie sind allein vorhanden, z. B. immer bei *Larix*, *Cedrus* oder mit ebenfalls hypoderm verlaufenden accessorischen vergesellschaftet, deren Zahl und Stellung nach Species sowohl wie Individuum wechselt; in den Nadeln von *Pinus silvestris*, z. B. in dem Grade, dass ihrer 1—22 beobachtet sind. In den Blättern von *Araucaria* und *Dammara* mit mehreren Gefässbündeln verlaufen wenigstens ebensoviele Gänge als Bündel, mit diesen in derselben Ebene alternirend" (Thomas, de Bary).

Die Gänge durchziehen die Blätter meist ihrer ganzen Länge nach, oben blind endigend, sind also bei langen Nadeln lang *(Pinus silvestris)*, bei kurzen Schuppenblättern kurz *(Sabina)*.

Diese Gänge setzen sich von der Blattinsertionsstelle in die primäre Rinde der Stammorgane fort und verlaufen in derselben senkrecht abwärts. Diese Gänge endigen in der Mehrzahl der Fälle auch unten blind, und zwar oberhalb der Insertionsstelle des nächst

tieferen Blattes, ohne mit anderen Gängen in offene Communication zu

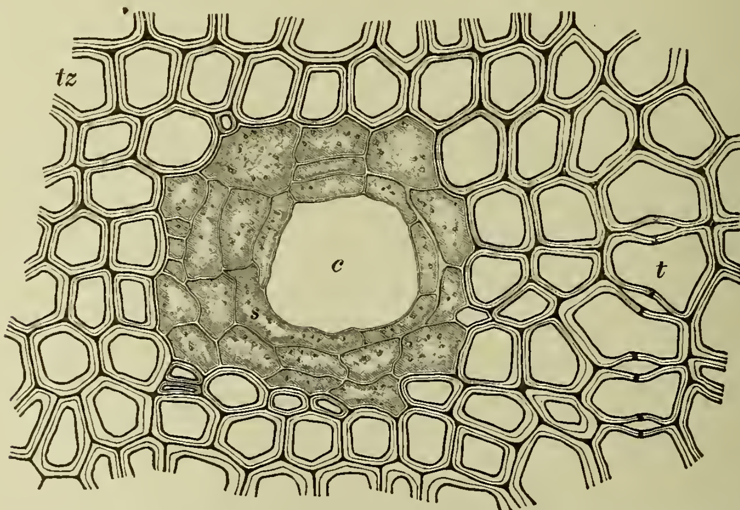
Fig. 572.



Juniperus communis. 1—7. Successive Querschnitte durch einen Galbulus von der Basis zur Spitze (1 ganz unten, 7 ganz oben). Die Zusammensetzung des Fruchtstandes aus drei Zapfenschuppen und 3 Samen tritt klar hervor, ebenso wie die Oelbehälter in den Zapfenschuppen, 8 Same im Längsschnitt mit seitlichem Oelbeutel (Tschirch).

treten. Bei *Juniperus communis* z. B. tritt von jedem Blatte ein starker Gang in den Stamm und läuft hier, eine der 3 Kanten einnehmend, ab-

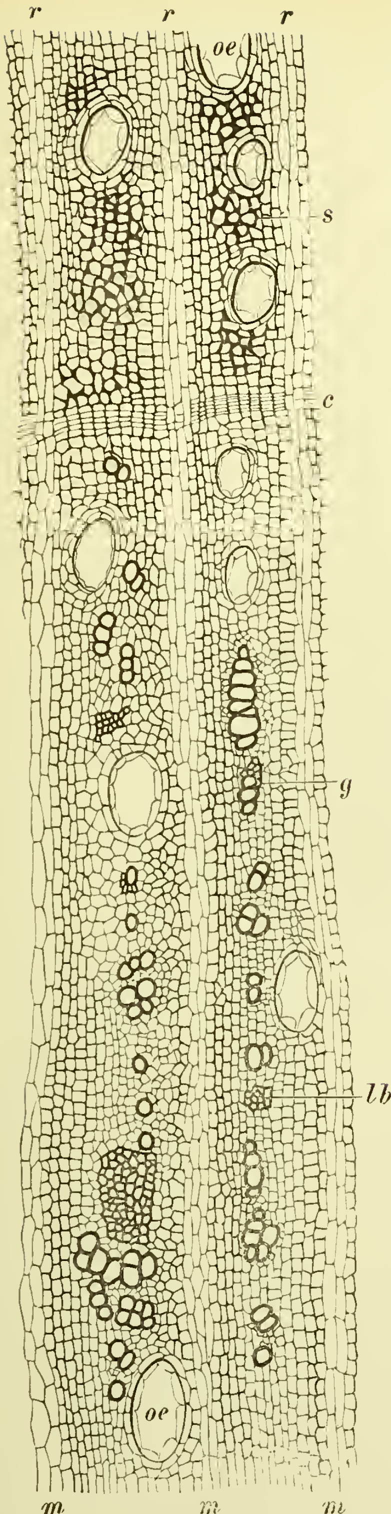
Fig. 573.



Querschnitt durch einen Harzcanal *(c)* mit dem Secernirungsepithel *(s)* und umgebendem Gewebe aus dem Holze von *Pinus maritima.* Die Tracheïden *(tr)* lassen deutlich Mittelplatte, secundäre und tertiäre Membran, sowie rechts die Hoftüpfel erkennen (Tschirch).

wärts bis dicht über die Insertionsebene des nächst unteren Wirtels, um

Fig. 574.



Querschnitt durch *Rhiz. helenii.* *oe* Oelbehälter (in Rinde und Holzkörper), *s* Siebbündel, *r* Rindenstrahlen, *m* Markstrahlen, *c* Cambium, *g* Gefässe, *lb* Libriform (Tschirch).

hier aufzuhören. Andererseits münden jedoch bei *Pinus silvestris, Abies excelsa* und wohl bei den *Abietineen* überhaupt (Mohl) die vom Blatte kommenden Gänge, nachdem sie durch zahlreiche Internodien abwärts gestiegen sind, in andere, tieferstehenden Blättern zugehörige, ein; der Einmündungsstelle entspricht eine Erweiterung des aufnehmenden Ganges. Die Gänge der primären Rinde sind daher zu einem System communicirender Canäle verbunden.

Mayr, der die Entstehung und Vertheilung der Secretionsorgane bei der *Fichte* und *Lärche* untersuchte, unterscheidet Hauptrindengänge, Verbindungsgänge und Nebengänge. „Die Hauptrindengänge verlaufen im Jahrestriebe ununterbrochen von der Basis bis zur Spitze desselben und stehen mit den gleichen Organen des vorjährigen oder nachfolgenden Triebes in keiner Verbindung; von diesen zweigen zwei in die Nadel verlaufende Verbindungsgänge ab, von welcher wiederum vier Nebengänge entspringen, die im Blattkissen blind enden.“ Die Hauptrindengänge anastomosiren, ihre Endigungen sind oft blasig erweitert.

Ausser den besprochenen Gängen besitzen die meisten *Coniferen* in den primären Geweben keine anderen. Bei *Pinus, Larix, Picea* liegt jedoch im Gefässtheil der primären Bündel ein Gang, der sich jedoch nicht in das Blatt fortsetzt.

In der Wurzel fehlen die Gänge bei allen untersuchten *Coniferen* der primären Rinde, bei den meisten auch dem Gefässbündel. *Cedrus* und *Abies balsamea* haben mitten im Wurzelstrang einen Canal, *Pinus silvestris* und *Larix* einen Gang zwischen den beiden Schenkeln der Gefässplatte.

Die *Coniferen* sind also reich an protogenen Oelgängen. Um so ärmer sind sie an hysterogenen. Besonders die secundäre Rinde ist mit wenigen Ausnahmen frei von schizogenen Gängen, dagegen treten im secundären Holze oftmals zahlreiche lange Gänge auf, die für gewöhnlich inmitten einer Gruppe dünnwandiger Holzparenchymzellen liegen (Fig. 387, 573).

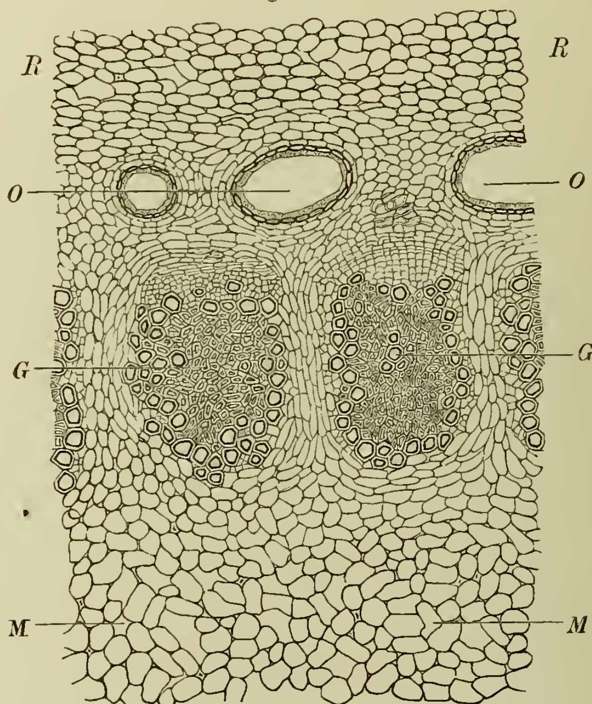
Die protogenen Gänge der Rinde werden nicht selten durch Borkebildung

später abgeworfen, so dass die Rinde alter *Coniferen*stämme meist frei von Canälen ist.

Die *Compositen*[1]) besitzen in der Abtheilung der *Tubifloren* ein „durch reiche Gliederung und Beständigkeit der Anordnung ausgezeichnetes" System von protogenen Oelgängen. Bei den liguliforen *Cichoriaceen* fehlen sie. Aber nicht nur in den primären Geweben, sondern auch in dem secundären Zuwachs treten Gänge hier reichlich auf, sowohl im Holz wie in der Rinde (*Rhiz. helenii*, Fig. 574).

In der Wurzel der *Corymbiferen* und *Cynareen* liegen die Gänge im innersten Theile der primären Rinde, und zwar für gewöhnlich eine einfache Bogenreihe vor jeder Siebgruppe des centralen Gefässbündelstranges, also mit den Gefässplatten alternirend, meist in unmittelbarer Nähe der Endodermis oder nur wenig weiter nach Aussen. Die Zahl der Gänge

Fig. 575.



Querschnitt durch den Gefässbündelring des *Arnica-Rhizoms*. *G* Gefässbündel (mit centralem Libriform), *M* Mark, *O* Oelblätter, *R* Rinde (Tschirch).

einer jeden normalen Bogenreihe oder Gruppe zeigt selbst bei ein und derselben Wurzel Schwankungen, ohne dass jedoch gewisse Durchschnittsziffern überschritten wurden. Es stehen vor einem Siebtheil bei *Silybum marianum* 10 und mehr, bei *Cirsium arvense* 15—20, bei *Calendula officinalis* 8—10, bei *Helianthus* 5—8, bei *Tagetes patula* 5—7, bei *Achillea Millefolium* 2, bei *Pyrethrum Parthenium* 1, bei *Inula montana* 6—8, bei *Conyza* und *Solidago* 1, bei *Tussilago Farfara* 5—7 Oelgänge (van Tieghem, de Bary, Sachs). Diese protogenen Gänge bleiben für gewöhnlich auch nach eingetretenem secundärem Dickenwachsthum an ihrer Stelle, nehmen aber meist an Weite zu.

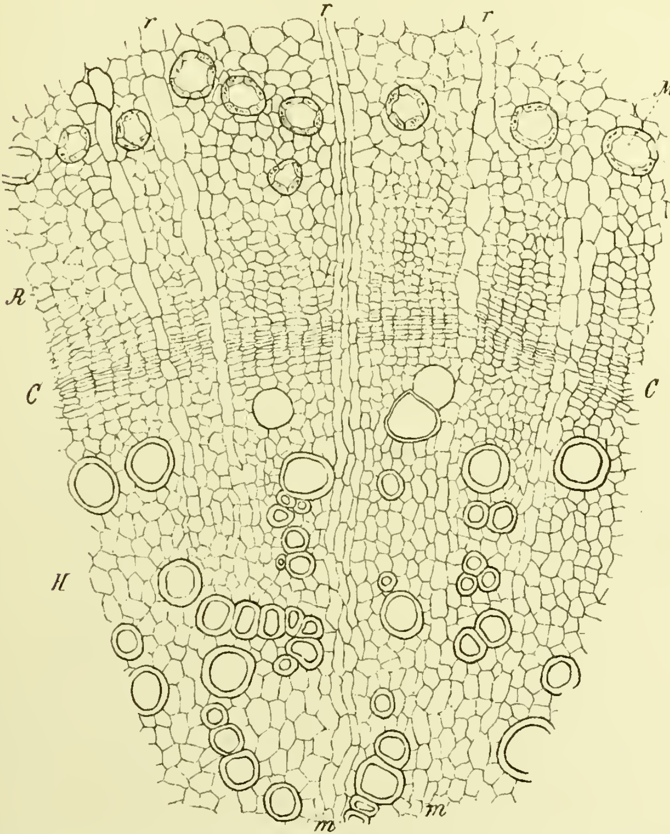
[1]) van Tieghem, Sur la situation de l'appareil sécréteur dans la racine des composés und Canaux sécréteurs, a. a. O. — Sachs, Bot. Zeit. 1859. — Berg, Atlas. Taf. 9 u. 15 u. a. — Vesque, Caractères des principales familles gamopétales tirés de l'anatomie de la feuille. Ann. sc. nat. 1885, S. 183.

Im Stengel der *Tubifloren* sind Oelbehälter in der Regel vorhanden und fehlen nur selten (VAN TIEGHEM). Sie schliessen sich an die Wurzelgänge an. Zu den in der primären Rinde des Stengels verlaufenden kommen bei vielen Arten andere in der Peripherie des Markes stehende hinzu.

Bezüglich der Vertheilung führt VAN TIEGHEM folgende Fälle an (ich citire nach DE BARY):

1. Nur rindenständige. an die Pleromscheide angelehnte Gänge.
   a) Nur je ein Gang in der Mitte des Aussenrandes eines jeden Hauptblattspurbündels: *Senecio vulgaris, Cineraria maritima, Flaveria Contrajerva, Bellis perennis.*
   b) Ebenso, dazu aber vor dem Aussenrande jeder vereintläufigen Blattspur soviel Gänge als Einzelspurstränge zu den vereintläufigen weiter oben zusammentreten: *Aster.*

Fig. 576.



Querschnitt durch die äussere Holz- und innere Rinden-Partie einer Wurzel von *Ferula tingitana*. *M* schizogene Excretbehälter, *H* Holztheil, *C* Cambium, *R* Rinde, *r* Rindenstrahlen, *m* Markstrahlen (Tschirch).

   c) Jederseits neben dem Siebtheile jedes Hauptblattspurstranges ein Gang: *Tagetes patula, Arnica, Tanacetum vulgare, Anacyclus Pyrethrum, Pyrethrum Parthenium, Achillea millefolium, Inula montana, Cirsium arvense.*
   d) Eine unpaare Zahl, z. B. 3—5 Gänge vor dem Aussenrande jedes Hauptbündels: *Centaurea atropurpurea.*
   e) Eine Gruppe von Gängen vor jedem Seitenrande des Siebtheils jeden Hauptbündels: *Silybum marianum.*
2. Rinden und markständige Gänge vorhanden. Letztere vor den Gefässtheilen der Bündel.
   a) Markständige Gänge nur vor einzelnen Bündeln.
   b) Vor jedem Blattspurbündel aussen ein Rinden- innen ein Markgang: *Solidago limonifolia.*

c) Vor jedem Blattspurbündel ein Mark- und mehrere Rindengänge: *Dahlia variabilis.*

d) An jedem Bündel eine Gruppe markständiger und eine rindenständiger Gänge: *Spilanthes fusca, Carduus pycrocephalus.*

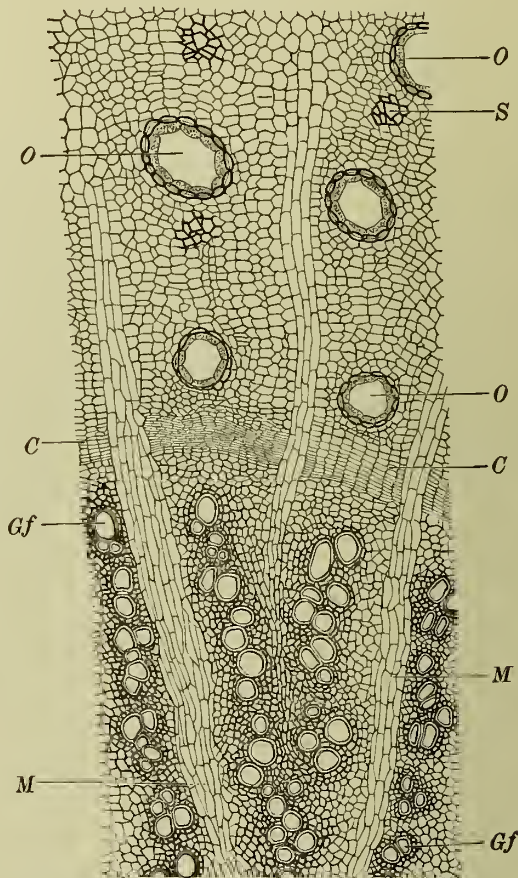
e) Eine mark- und eine rindenständige Bogenreihe vor jedem Bündel: *Helianthus tuberosus.*

Den Blattstielen und Blättern der *Compositen* fehlen Gänge nur dann, wenn sie auch dem Stengel fehlen, selten sind sie gangfrei, wenn der Stengel dergleichen enthält (Wurzelblätter von *Lappa grandiflora*). Die Blattgänge begleiten die Nervenbündel und setzen sich an die der Stengel an. Bei *Tussilago Farfara* sind sie der Bündelscheide eingefügt; sonst liegen sie wenigstens in deren Nähe.[1]) Die Gänge bevorzugen die Mittelrippe, treten aber bisweilen auch mit den Seitennerven in die Blattlamina ein. Selten sind accessorische Gänge im Blatt.

Den *Cichoriaceen* fehlen Oelgänge in allen Theilen, nur in der Wurzel von *Scolymus grandiflorus* fand sie VAN TIEGHEM ausgebildet.

Oelgänge neben Milchschläuchen sind selten (Stengel und Blätter von *Cirsium arvense* und *Lappa*).

Fig. 577.



Querschnitt durch die cambiale Region der *Angelica*-Wurzel. *Gf* Gefässe, *M* Markstrahl, *C* Cambium, *O* Oelbehälter, *S* Siebelemente (Tschirch).

Die *Umbelliferen*[2]) sind sehr reich an schizogenen Secretbehältern, die oft anastomosiren und entweder Oel oder Milchsäfte (s. S. 502) enthalten.

In der primären Wurzel liegen die Gänge an der Peripherie des Gefässstranges innerhalb der Endodermis. Vor jeder Gefässplatte sowohl di- als polyarcher Bündel kommt eine Bogenreihe von Gängen zu Stande, deren Zahl stets eine ungerade ist. Die absolute Zahl wechselt nach Species und Individuum (5—13 vor jeder Platte). Zu diesen, den Gefässplatten entsprechenden Gängen kommt dann ein kleiner in der Mitte jeder Siebgruppe. Tritt nun Dickenwachsthum ein, so schiebt „das im Gefässbündel entstehende Cambium nach aussen eine mächtige, zunächst parenchymatische secundäre Rinde, die primäre Rinde einschliesslich der Endodermis

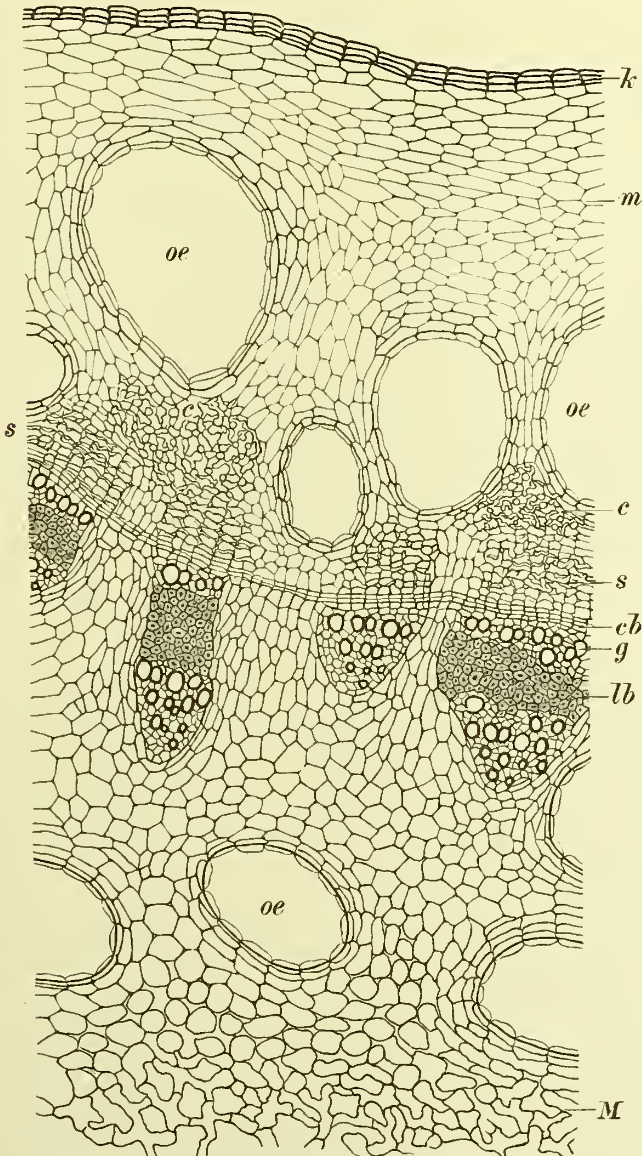
---

[1]) Im Einzelnen ist VAN TIEGHEM zu vergleichen.

[2]) JOCHMANN, De umbelliferarum structura. Berlin 1854. — TRÉCUL, Compt. rend. T. 63, 154, 201 (1886). — N. J. C. MÜLLER, PRINGSHEIM's Jahrb. 5. — VAN TIEGHEM, Ann. sc. nat. 5. Ser., XVI. — VAN TIEGHEM, Bull. soc. Bot. d. Franc. 31, (1884), S. 29. — DE BARY, Anatomie, S. 462.

wird gleichzeitig abgestossen unter ausgiebiger, von den ausserhalb der Gänge liegenden Pericambiumzellen ausgehender Peridermbildung und starker Vergrösserung und Theilung der innerhalb der Gänge liegenden Pericambiumzellen. Die Gänge kommen daher nahe an die Innenseite des Periderms zu liegen, anfangs in ihrer ursprünglichen Anordnung, später,

Fig. 578.



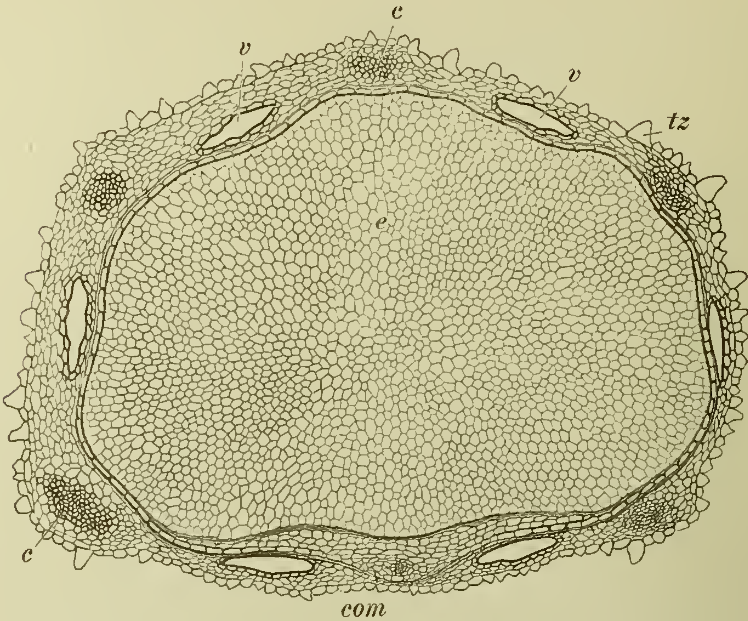
Querschnitt durch die Peripherie der *Rhiz. Imperatoriae.* *k* Kork, *m* primäre Rinde, *oe* Oelbehälter, *s* Siebbündel, *cb* Cambium, *g* Gefässe, *lb* Libriform, *M* Mark (Tschirch).

in Folge des zunehmenden Dickenwachsthums der Rinde, mehr und mehr verschoben (DE BARY)." So stellen sie alsdann die unter dem Peridern der *Umbelliferen*wurzeln liegenden Canäle dar.[1])

[1]) BERG, Atlas. Taf. 8, 9, 14.

Die Canäle der Wurzel stehen mit denen des Stengels in directer Verbindung. Im Stengel liegt in der Rinde gewöhnlich vor jedem Gefässbündel ein Canal. Da besonders den stärkeren Bündeln ein Collenchymbeleg in der Peripherie des Stengels (besonders in den Längsleisten) ent-

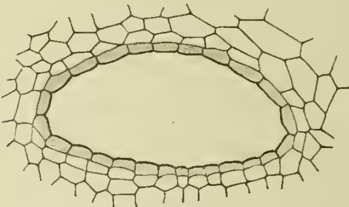
Fig. 579.



Querschnitt durch ein Mericarpium der *Ajowan*frucht. *com* Commissur, *v* Vittae (Thymolbehälter), *tz* Trichom, *c* Costae (Tschirch).

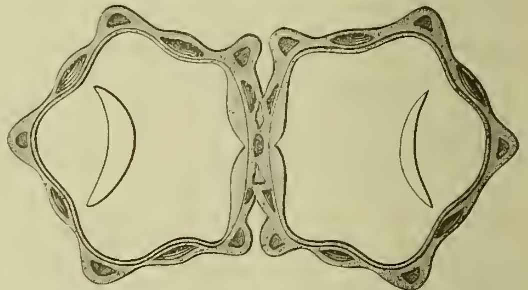
spricht, so liegt der Canal an der Innenseite dieses Beleges, entweder demselben an- oder eingelagert (Fig. 481). Ausser diesen bündelständigen Canälen finden sich nun noch oftmals andere Rindencanäle in grosser Mannigfaltigkeit bezüglich der Lage (Fig. 480, 481). Trécul unterscheidet allein 10 Typen derselben. Bei dem Stengel von *Conium maculatum* liegen die

Fig. 580.



Querschnitt durch eine Vitta der *Fenchel*fruchtschale nach Entfernung des Secretes durch Kali-Alkohol (Tschirch).

Fig. 581.



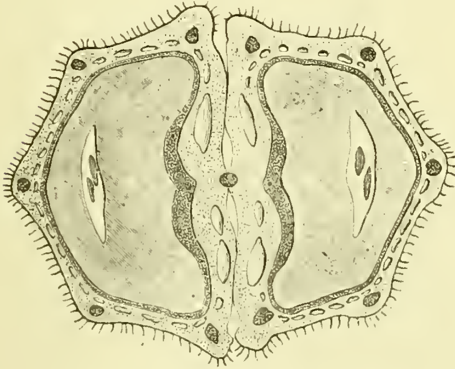
Carum Carvi, Schizocarp. Querschnitt (Hartwich).

Gänge im Siebtheil der Bündel und ausserhalb desselben in der primären Rinde, bei den Blattrippen im Siebtheil der Nervenbündel.

Auch in der secundären Rinde finden sich bei den *Umbelliferen* reichlich Secretbehälter. Dieselben sind meist kleiner, aber viel zahlreicher als die der primären Rinde (Fig. 577, 578).

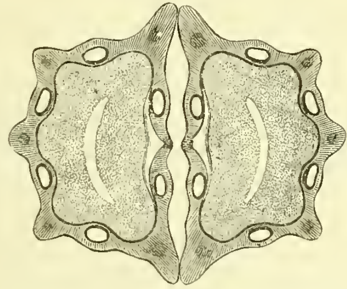
Nahezu alle *Umbelliferen* besitzen schizogene Canäle auch im Mark, entweder regellos in demselben vertheilt (Stengel von *Ferula* [Fig. 480], Rhizom von *Imperatoria* [Fig. 578]) oder — wenn das Mark im Centrum später schwindet — auf die Peripherie beschränkt *(Anthriscus vulgaris, Carum Carvi, Myrrhis, Heracleum)*, entweder isolirt (Fig. 578) oder mit den

Fig. 582.



Querschnitt durch ein Schizocarpium des *Anis*. 25mal vergrössert (Hartwich).

Fig. 583.

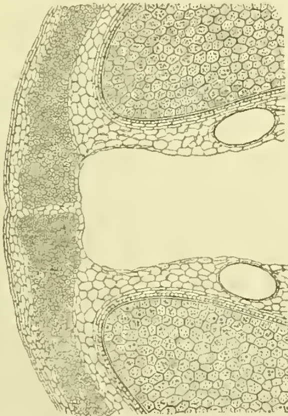


Querschnitt durch ein Schizocarpium des deutschen Fenchel. 14mal vergr. (Berg).

Gefässbündeln vereintläufig, besonders dem Siebtheile eingebettet[1]) (Fig. 481) oder beide Formen neben einander (Fig. 480).

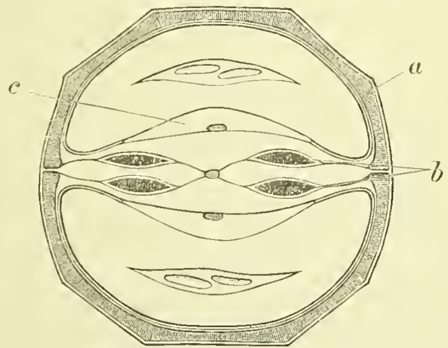
Bei schwindendem Marke schwinden die Canäle, wenn solche überhaupt angelegt waren, gleichfalls, oder persistiren entweder, von wenigen Markzellschichten umscheidet *(Smyrnium)*, oder in bleibende, von der

Fig. 584.



Theil eines Querschnittes durch ein Schizocarp des *Coriander*, an der Stelle, wo die beiden Mericarpien am Rande verbunden sind. Vergr. 65 (Berg).

Fig. 585.



Schematischer Querschnitt durch das Schizocarp des *Coriander*. *a* Fruchtschale, *b* Oelstriemen, *c* Concave Seite des Endosperms (Hartwich).

Peripherie in die Höhle ragende, stehenbleibende Marklamellen eingebettet *(Heracleum Sphondylium)*.

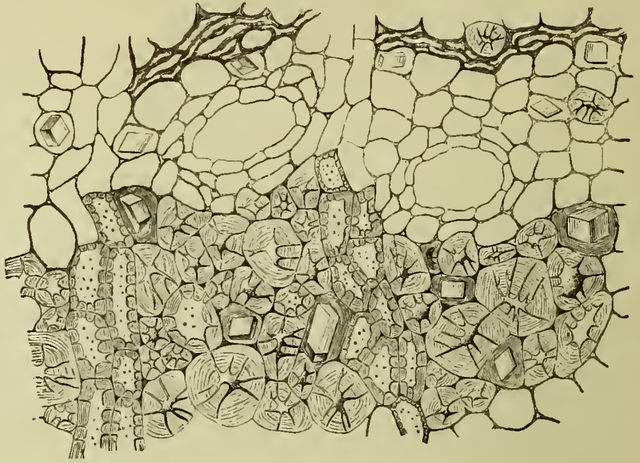
Im Stengel verlaufen die Gänge meist gerade und unverzweigt,

[1]) Tschirch, Ueber die Milchsaftbehälter der *Asa* etc. liefernden Pflanzen. Arch. der Pharm. 1886. — C. Müller, Ber. d. deutsch. bot. Gesellschaft. 1888.

nur an den Knoten anastomosiren sie. Dagegen erweitern sie sich oft zu weiten Räumen *(Rhiz. imperatoriae)*.

Auch in Blatt und Blattstiel treten die Gänge ein, den Bündeln folgend und mit den Nerven (selbst denen vierter Ordnung) in die Lamina eindringend *(Angelica silvestris, Opoponax, Imperatoria, Ferula)*.

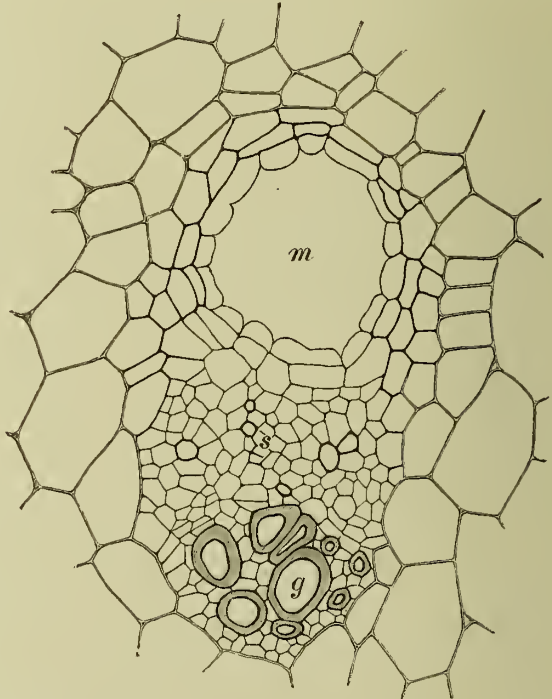
Fig. 586.



Querschnitt durch die Rinde von *Pistacia Lentiscus* mit den Mastixgängen (Möller).

Sehr bemerkenswerth sind die Oelgänge der *Umbelliferenfrüchte*, die Vittae[1]), deren Entwicklungsgeschichte oben (S. 481) gedacht wurde. Sie entstehen nach Lange durch Auseinanderweichen von 4 Zellen und lebhaftes Wachsthum und Theilung durch Radialwände in dem, den Canal begrenzenden Epithel. Sie enthalten daher im fertigen Zustande sehr zahlreiche, schmale Secernirungszellen (Fig. 580). Für gewöhnlich liegen sie in der Vallecullis der Fruchtschale, zwischen den Costae in der Einzahl oder Mehrzahl *(Anis* [Fig. 582], *Apium)* oder dort und (meist in den Zweizahl) an der Commissuralseite *(Aethusa Cynapium, Cicuta virosa, Petroselinum, Cuminum Cyminum, Carum carvi* (Fig. 581), *Oenanthe Phellandrium, Foeniculum* [Fig. 567, 583] *Carum Ajowan* (Fig. 579), *Anethum)*, oder nur an der Commissuralseite *(Coriandrum* [Fig. 579]). Bisweilen bilden sie aber auch einen Kranz rings um den Samen *(Apium, Sium latifolium)*, letzteres oft

Fig. 587.



Gefässbündel aus der Schale der chinesischen *Aphidengallen* auf *Rhus semialata* mit schizogenem Milchgang *(m)*, *s* Siebtheil, *g* Gefässtheil (Tschirch).

[1]) Berg, Atlas. Taf. 41—43.

dann, wenn scharfe Costae nicht ausgebildet sind.[1]) Bei *Aegopodium Podagraria* und *Conium maculatum* werden sie zwar angelegt, später aber bis zur Unkenntlichkeit zusammengepresst, so dass sie ganz zu fehlen scheinen (LANGE) (Fig. 549).

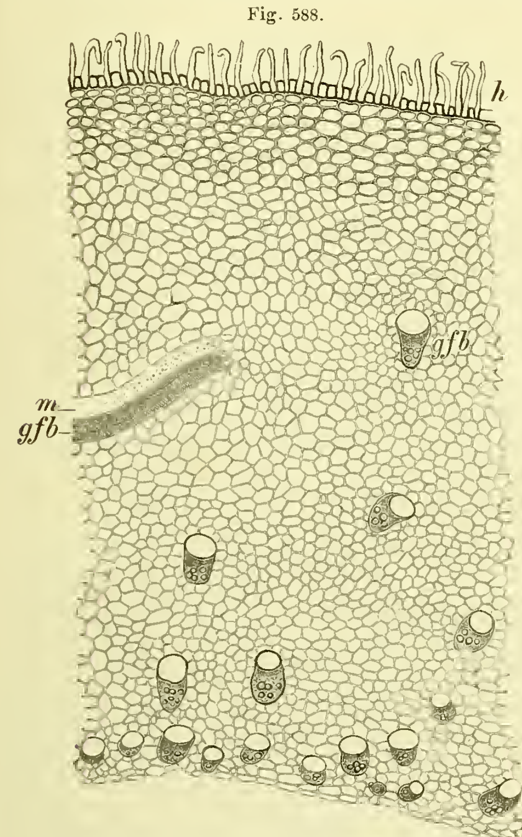
Schon im Fruchtknoten sind sie fast vollständig ausgebildet. Stets verlaufen sie gangartig, beiderseits blind endigend.

Die harzführenden Gänge der *Araliaceen*[2]) *(Aralia, Hedera, Panax)* gleichen in Bau und Anordnung im Allgemeinen denen der *Umbelliferen.*

Die *Clusiaceen (Calophyllum, Xanthochymus)* sind besonders reich an Gummiharz führenden Gängen in Wurzel, Stengel und Blatt.[3])

Die *Pittosporeen* haben Oelgänge wie die *Umbelliferen*, auch in ähnlicher Lage (N. J. C. MÜLLER, VAN TIEGHEM[4]).

Fig. 588.



Querschnitt durch die Schale der chinesischen Gallen *(Rhus semialata)*. *h* Haare, *gfb* Gefässbündel mit Milchcanal *(m)* — Vergl. auch Fig. 587 — (Tschirch).

Die Gänge der *Anacardiaceen*[5]) führen Oel, Harz oder Gummiharz (Milchsaft). Die untersuchten Arten *(Schinus molle, Pistacia lentiscus* [Fig. 586], *Rhus Cotinus, Rh. Coriaria, Rh. Toxicodendron, Rh. typhina, Rh. semialata)* zeigen im Stamm und Blatt mit den Gefässbündeln vereintläufige Canäle, die in den Siebtheil der primären Bündel eingebettet sind und bei *Rhus semialata* sogar mit den Bündeln in die Aphidengallen dieser Pflanze *(Gallae sinenses)* eintreten (Fig. 587 und 588).

Zu diesen kommen alsdann noch solche im secundären Siebtheil, und da und dort auch markständige.

Bei der Mastixpflanze *(Pistacia Lentiscus)* findet man in der secundären Rinde zahlreiche schizogene Harzgänge (Fig. 586). Bei dem Anschneiden der Rinde tritt jedesmal ein Harztropfen aus, der einem (oder doch nur wenigen) dieser Gänge zu entstammen scheint.

In der Wurzel liegt in den primären Siebtheilen je ein Canal, aber auch in der secundären Rinde entstehen später Oelgänge.

---

[1]) Vergl. die zahlreichen Abbildungen in BERG's Atlas. Taf. 41 u. ff.

[2]) TRÉCUL, Des vaisseaux propres dans les Araliacées. Compt. rend. T. LXI, 1163 (1865). DE BARY, Anatomie, S. 465. — VAN TIEGHEM, Bull. soc. bot. de France 31 (1884), S. 29.

[3]) Ueber den Bau und die Vertheilung derselben ist besonders nachzusehen TRÉCUL, Compt. rend. 1866; VAN TIEGHEM a. a. O., MEYEN, Physiologie II, 384; Ungenannter, Bot. Zeit. 1846 und DE BARY, Anatomie.

[4]) VAN TIEGHEM, Bull. soc. bot. de France. 31 (1884), S. 43.

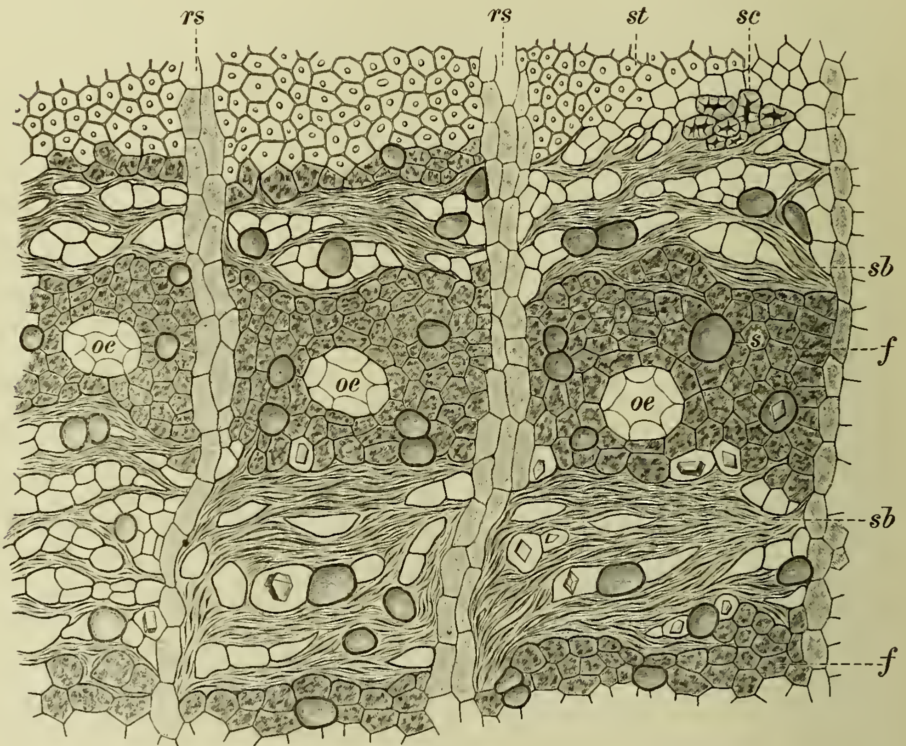
[5]) TRÉCUL, Des vaisseaux propres dans les Térébinthinées Compt. rend. 65 (1867). — VAN TIEGHEM, a. a. O.

Im Stengel liegt innerhalb des Bastzellringes in dem primären Siebtheil jedes Bündels ein Canal und in der secundären Rinde entstehen zwischen Phloëmparenchym und Siebelementen fortdauernd neue.

Die zum Theil blind endigenden markständigen sind nach der Species verschieden zahlreich, bei *Rhus semialata* 58, bei *Rhus typhina* 25 (Trécul). Die rindenständigen anastomosiren im Internodium unter einander, in den Knoten auch mit den markständigen. Bisweilen dringen die rindenständigen auch in die Markstrahlen des Holzkörpers ein.

Im Blattstiel liegt ein Gang im Siebtheil. *Rhus semialata* hat auch hier (1—3) markständige Canäle. Auch die Rippen der Blätter führen Gänge, bei *Rhus semialata* anastomosiren die Canäle der Blattlamina ebenfalls (Trécul).

Fig. 589.



Querschnitt durch die secundäre Rinde von *Balsamea Myrrha*. *sb* Obliterirte Siebstränge (Keratenchym), *oe* Balsambehälter, *rs* Rindenstrahlen, *s* Excretzellen, *st* Bastzellen, *sc* Sclereïden (Tschirch).

Auch die gewaltigen, Cardol führenden Räume in der Fruchtschale des *Anacardium occidentale* und *orientale* scheinen schizogen zu entstehen. Sicher konnte ich dies jedoch in dem mir zugänglichen Material nicht feststellen.

Bei den Burseraceen [1]) sind die Verhältnisse ähnlich wie bei den *Anacardiaceen.* Die Canäle der primären Rinde pflegen bei *Balsamea Myrrha* und auch bei *Balsamodendron* grösser und von viel zahlreicheren

---

[1]) van Tieghem, a. a. O. — E. Marchand in Adansonia. T. VII, S. 258 und T. VIII, S. 17, 74. — Tschirch, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1883.

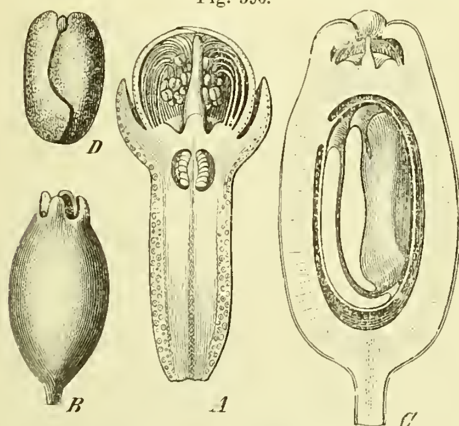
Secernirungszellen ausgekleidet zu sein (Fig. 561), wie die der secundären Zweigrinde. Letztere liegen hier, wie bei *Boswellia Carteri*, in einfacher Reihe zwischen den Rindenstrahlen, eingebettet in Phloëmparenchym und mit obliterirten Siebbündeln alternirend (Fig. 589). Bei *Balsamea Myrrha* und *Boswellia* sind die Oel-, bez. Harzbehälter kurz und rundlich, nicht gangartig. Ob in ihnen vorwiegend oder allein das Gummiharz vorkommt, ist genauer zu untersuchen. Der braune Farbstoff, der die *Myrrha* tingirt, ist, soweit ich dies am trockenen Material feststellen konnte, keinesfalls in ihnen enthalten, sondern findet sich in dem benachbarten Phloëmparenchym. Die Harzmassen der Canäle sind lichtgelb gefärbt.

Auch die Secretbehälter der *Simarubeen* sind schizogenen Ursprungs.[1])

Die *Myrtaceen*[2]) sind reich an schizogenen Secreträumen, die gleichfalls nur verhältnissmässig kurz, kugelig-oval, nicht gangartig ausgebildet sind.

In den Blättern liegen sie auf beiden Seiten, besonders aber der Oberseite und grenzen z. B. bei *Myrtus*, *Eugenia*, *Caryophyllus*, *Eucalyptus*[3]) mit ihren secernirenden Zellen unmittelbar an die Epidermis, deren, das Secernirungsepithel berührende Zellen von den übrigen durch Gestalt und Grösse unterschieden zu sein pflegen[4]), bei *Myrtus* z. B. niedriger sind und keine welligen Seitenwände besitzen. Bei *Myrtus*[5]) entstehen die Secretbehälter in der Weise, dass „eine runde, zartwandige, unter der Epidermis liegende Zelle sich successive in 8 kugeloctaëdrische Zellen theilt, diese dann von ihrem neutralen Berührungspunkte aus zur Bildung eines sofort ölerfüllten Intercellularraumes auseinander weichen und dieser allmälig unter tangentialer Dehnung, Abplattung und Theilungen seiner ursprünglich 8 Epithelialzellen die Gestalt einer kugeligen Höhle annimmt“.

Fig. 590.



Caryophyllus aromaticus. *A* Blüthenknospe (*Caryophylli*) längsdurchschnitten, die Oelbehälter sind sowohl in den Blüthen- und Kelchblättern, wie in der Randpartie des Hypanthiums durch Punkte und Kreise markirt. *B* Reife Frucht (*Anthophylli*), *C* dieselbe längsdurchschnitten, *D* Embryo (Luerssen).

Oft sind die runden Oelräume so gross, dass sie als durchsichtige Punkte im Blatt erscheinen, wenn man dieselben gegen das Licht hält (*Fol. Eucalypti*). Die an der Epidermis liegenden Drüsen von *Myrtus* und *Eugenia* sind dermatogen.

Bei den Gewürznelken, der ölreichsten Droge, die es überhaupt gibt (s. S. 136), liegen kugelig-oval Oelbehälter in grosser Zahl in der Peripherie

[1]) Vergl. de Bary, Anatomie, S. 467. — van Tieghem, Bull. soc. bot. de France 31 (1884), S. 247.

[2]) Vergl. bes. Frank, Beiträge zur Pflanzenphys. S. 125. — v. Höhnel, Anatomische Untersuchungen über einige Secretionsorgane. Wiener Akad. Sitzungsber. 1881.

[3]) Vergl. meine beiden Abbildungen des Blattquerschnittes von *Eucalyptus Globulus* in den Grundlagen d. Pharmakognosie, Fig. 127 und 128.

[4]) Etwas Aehnliches findet man bei der Epidermis der *Citrus*blätter über den lysigenen Lücken; und, wie ich mich überzeugte, auch anderwärts häufig.

[5]) Vergl v. Höhnel, a. a. O. Taf. III, Fig. 28.

[6]) Martinet und de Bary halten die *Myrtaceen*ölräume fälschlich für lysigen.

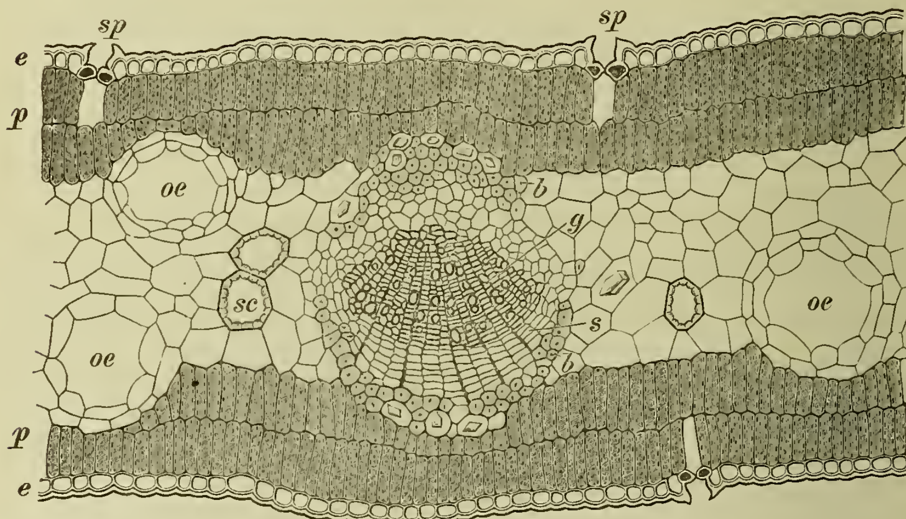
des Hypanthiums (Fig. 590 *a*), und zwar hier meist in doppelter Reihe, und auch in den Kelch- und Blüthenblättern, hier bisweilen von Epidermis zu Epidermis reichend, ja sie fehlen selbst dem Griffel und den Antheren nicht, deren Connectiv in eine grosse Oeldrüse auszulaufen pflegt.[1]) Sie sind auch in der Droge noch mit gelblichem Oele meist vollständig erfüllt und oft 100—230 Mik. weit.

Nach VAN TIEGHEM[2]) entstehen die Oelbehälter der *Myrtaceen* stets im Grundgewebe. Pericycle, Siebtheil und Holz sind stets frei von Secretbehältern.

Auch bei *Aroideen* sind schizogene Oelbehälter beobachtet worden.[3])

Die Oelbehälter von *Hypericum*[4]), die z. B. unserm gemeinen *Hypericum* den Artnamen *perforatum* eingetragen haben, da sie bei Betrachtung der Blätter gegen das Licht als durchscheinende Punkte[5]) erscheinen, sind ebenfalls, wie die der übrigen *Hypericineen*[6]) schizogene Oelbehälter.[7]) Sie reichen oft von Epidermis zu Epidermis durch das ganze Blatt. Bei *Hypericum calyc.* fand VAN TIEGHEM Oelgänge in der primären Rinde,

Fig. 591.



Querschnitt durch ein Blatt von *Melaleuca minor*. *e* Epidermis, *p* Palissaden, *sp* Spaltöffnungen, *sc* Idioblastenartige Sclereïden, *oe* Schizogene Oelbehälter, das *Ol. Cajeputi* enthaltend, *g* Gefässtheil und *s* Siebtheil des Nervenbündels, *b* Bastbeleg desselben (Tschirch).

primäre Gänge im Pericycle, welche dem Stengel, der Wurzel und dem Blatte gemeinsam angehören, und auch Gänge in der secundären Rinde.

---

[1]) BERG-SCHMIDT, Atlas der officinellen Gewächse.

[2]) Ann. sc. nat. 1885.

[3]) DE BARY, Anatomie, S. 459.

[4]) Abgebildet bei v. HÖHNEL, a. a. O. Taf. VI, Fig. 51—56.

[5]) Im durchfallenden Lichte erscheinen viele Blätter punktirt. Diese Erscheinung rührt nicht immer von Oelräumen her, sondern auch von grossen Oelzellen, Kristallzellen u. a. Oelzellen bedingen die durchsichtigen Punkte bei *Lauraceen, Piperaceen, Meliaceen, Sapindaceen, Canellaceen, Anonaceen* u. a., Oelbehälter bei den *Myrsineen, Myrtaceen, Hypericineen*, Oellücken, bei den *Rutaceen* (Fig. 594) vergl. bes. BOKORNY, Die durchsichtigen Punkte der Blätter in anatomischer und systematischer Beziehung. Flora 1882.

[6]) Vergl. auch VAN TIEGHEM, Bull. soc. bot. France. 1884.

[7]) MARTINET und DE BARY halten sie für lysigen, FRANK und v. HÖHNEL zeigten, dass sie schizogen entstehen.

Dass die Secretbehälter der Blätter vieler Cap'scher und amerikanischer *Oxalis*arten, die im Parenchym der ober- und unterirdischen Vegetationsorgane vorkommenden von *Lysimachia*-Arten, die der Wurzel von *Myrsine africana* und der Blätter von *Ardisia crenulata* gleichfalls schizogen entstehen, darf jetzt als ausgemacht gelten (v. Höhnel). Bei den *Myrsineen* fand van Tieghem Secretbehälter in Stengel und Blatt (nicht in der Wurzel), und zwar bald in der Rinde, bald in Rinde und Mark. Für *Myrsine* und *Amorpha* wies v. Höhnel die schizogene Genese nach. Bei *Amorpha* sind die Behälter ganz dermatogen.

Ebenso hat besonders van Tieghem, der sich sehr eingehend mit den Secretbehältern beschäftigt [1]) und darzuthun versucht hat, dass dieselben von hoher diagnostischer Bedeutung für die Systematik sind — weniger, was ihr Vorhandensein oder Fehlen, als vielmehr was ihre Stellung und Anordnung betrifft — nachgewiesen, dass die den *Hypericineen* benachbarten *Clusiaceen*, *Ternstroemiaceen* und *Dipterocarpeen* schizogene Gänge enthalten. [2])

Bei den *Clusiaceen* sind die Verhältnisse folgende. In der Wurzel führt *Clusia* Secretgänge in der primären Rinde, *Garcinia* und *Xanthochymus* besitzen dort keine Gänge, sondern zwei ölführende Zelllagen, dagegen einen Secretgang im primären [3]) und mehrere im secundären Siebtheil. *Calophyllum* führt Secretgänge in der primären Wurzelrinde (wie *Clusia*) und in der secundären (wie *Garcinia*). Im Stengel finden sich Gänge in Mark und Rinde. Entweder ist der Siebtheil frei von Secretgängen (*Clusia*) oder der primäre Siebtheil ist frei und im secundären finden sich dergleichen, im Blattbündel dagegen nicht (Mesua, *Garcinia*, *Xanthochymus*, *Calophyllum*), oder endlich es finden sich Gänge sowohl im primären, wie im secundären Siebtheil und den Blattbündeln (*Ochrocarpus*). Nur im Pericycle kommen niemals Secretgänge bei den *Clusiaceen* vor, ebenso fehlen sie dem primären [4]) und secundären Holz (Unterschied von den *Hypericineen* und *Dipterocarpeen*).

Bei den *Dipterocarpeen*, z. B. den den Gurjunbalsam liefernden *Dipterocarpus*-Arten, liegen Secretgänge im primären Holz [5]) (Protohadrom), nicht im Mark (wie K. Müller fälschlich angibt), ein bei den *Angiospermen* ganz vereinzelter Fall. Im Mark, in der secundären und primären Rinde finden sich hier niemals Gänge. Die Excretbehälter im secundären Holze halte ich für lysigene, analog denen der *Copaifera* entstehende Gänge. [6]) Bei den weiten und langen Canälen des Protohadroms scheint übrigens ebenfalls nachträglich eine Auflösung des Secernirungsepithels einzutreten. (Schizo-lysigene Genese?)

Bei den den *Hypericineen* gleichfalls benachbarten *Bixaceen* fand van Tieghem im Stengelmark 3 grosse „Gummigänge" mit stärkeführendem Secernirungsepithel, daneben Excretzellen und Schläuche, und zwar im äusseren Parenchym des Blattstieles, in Stengelrinde und Phloëmparenchym einzelne rothe Zellen und in der Wurzel rechts und links an der Aussenseite eines jeden Bastbündels einen sehr langen, mit rothgelbem Safte erfüllten Schlauch und auch in der secundären Rinde ähnliche Zellen.

Auch die jetzt zu den *Saxifraginae*, früher zu den *Terebinthinae* gestellten *Liquidambareae (Hamamelidaceae, Bucklandiaceae, Balsamifluae)*,

---

[1]) Siehe oben S. 486 Anmerkung.

[2]) van Tieghem, Bull. soc. bot. de France. 1884. — Meyen, Physiol. II, S. 384. — Ungenannter, Bot. Ztg. 1846. — Trécul, Compt. rend. 63 (1866), S. 537 u. 613.

[3]) Der „primäre Siebtheil" ist mein Rindenprotophloëm (S. 388).

[4]) Das „primäre Holz" ist mein Protohadrom (S. 396).

[5]) Wie bei der Lärche und Kiefer.

[6]) Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1888, van Tieghem hält sie für schizogen.

zu denen der Styraxbaum *(Liquidambar styraciflua)* gehört, besitzen, wenigstens in der primären Rinde, schizogene Secretbehälter.

Am spärlichsten untersucht ist Lage und Entwicklungsgeschichte der Excretbehälter bei den *Leguminosen*, wo sie besonders bei den *Caesalpiniaceen* häufig zu sein scheinen. Ich fand dieselben in der primären Rinde der Papilionaceen *Toluifera Pereirae* und *Toluifera Balsamum* und den zu den *Caesalpiniaceen* gehörigen *Copaifera*arten *(Copaifera officinalis, Langsdorffii* u. a.) als lange Oelgänge.

Sie fehlen hier dem Mark, der secundären Rinde und dem secundären Holz. In letzterem finden sich bei *Copaifera* lysigene Harzlücken.[1]) v. Höhnel fand auch bei den Copalpflanzen *Hymenaea* und *Trachylobium* schizogene Harzcanäle in der Rinde.[2])

Trotz des Vorkommens von schizogenen Harzcanälen in der primären Rinde der *Coniferen*, von *Liquidambar*, *Copaifera*, *Myroxylon* und *Dipterocarpus* glaube ich doch nicht, dass diese Canäle für die oft enorm hohe Harzproduction dieser Pflanzen in Betracht kommen, da sie, wenn nicht in allen doch in den meisten Fällen durch Borkebildung später abgeworfen und in der secundären Rinde nicht erneuert werden.[3]) Aber selbst, wenn sie erhalten blieben, würden sie allein doch keinesfalls den starken Harzfluss dieser Bäume ausreichend erklären können. Die Harzproduction entspringt hier einer ganz anderen Quelle (vergl. lysigene Harzcanäle).

2. **Schizogene Gummi-, bez. Schleimgänge** finden sich besonders bei den *Cycadeen*[4]), *Sterculiaceen*[5]), *Marattiaceen, Lycopodiaceen* und einigen *Araliaceen.*

Bei den *Cycadeen* vertreten die Schleimgänge die analogen Harz- und Oelgänge bei den *Coniferen.* Sie finden sich vorzugsweise in der Rinde der Stammorgane, nicht in den Wurzeln und treten vom Stamm in die Blätter ein, um in diesen blind zu endigen. Bei letzteren sind sie der Regel nach mit den Gefässbündeln vergesellschaftet.

Bei den *Marattiaceen*[6]) durchziehen die Schleimcanäle in grosser Zahl das Mark und Rindenparenchym des Stammes, vielfach verästelt und anastomosirend und treten auch in die Wurzel und die Blätter ein.

Bei den *Lycopodiaceen (L. inundatum)* kommen in den Blättern gleichfalls schizogene Schleimgänge vor.[7])

Bei den *Araliaceen* findet sich Gummischleim statt Oel in den Gängen bei *Aralia chinensis*, *spinosa*, *Panax Lessonii* u. and.[8])

3. **Schizogene Milchsaft-, bez. Gummiharzbehälter** finden sich bei zahlreichen *Umbelliferen*[9]), besonders den persischen *(Ferula, Scorodosma, Fer. galbaniflua, Dorema Ammoniacum)* und auch in unseren einheimischen *Umbelliferen* enthält, wenigstens die Wurzel und das Rhizom, im frischen Zustande oftmals einen milchsaftartigen Balsam (so *Rad. angelicae* und *Rhiz.*

---

[1]) Tschirch, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1888, S. 3. — Ich befinde mich hier in Widerspruch zu Ejkman (een bezoek aan S'lands plantentuin te Buitenzorg met 3 Platen 1887).

[2]) Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1881, S. 565.

[3]) Nur *Dipterocarpus* hat ausser diesen auch in der Markscheide noch Gänge.

[4]) G. Kraus, *Cycadeenfiedern.* Pringsh. Jahrb. 4, S. 305, T. 21 u. 23.

[5]) van Tieghem, Sur les canaux à gomme d. Sterculiacées. Bull. soc. bot. de France. 1885, S. 11.

[6]) Harting und de Vriese, Monograph. der *Marattiaceen,* und Frank, a. a. O.

[7]) Hegelmaier, Bot. Zeit. 1872, S. 844.

[8]) Trécul, Des vaisseaux propres dans les Araliacées. Compt. rend. 61 (1865), S. 1163.

[9]) Siehe oben S. 492.

imperatoriae), der, wie mich Beobachtungen in Cölleda lehrten, bei der *Angelica* z. B. so hautreizend wirkt, dass er Entzündungen der Hände erzeugen kann.

Das Oel der *Angelica* und *Imperatoria* differenzirt sich also erst beim Trocknen aus dem Milchsaft.

Die Canäle selbst habe ich schon oben (bei den schizogenen Oelbehältern) abgehandelt, von denen sie sich ja auch nur durch ihren Inhalt unterscheiden.

Die Milchsaftbehälter der die *Asa foetida*, das *Ammoniacum, Galbanum* und den *Opoponax* liefernden persischen *Umbelliferen* sind von mir eingehend beschrieben worden.[1]

In der Wurzel der *Asa*pflanzen liegen die stets sehr langen Milchsaftbehälter in grosser Zahl in der secundären Rinde. Anfangs sind dieselben in deutlichen concentrischen Kreisen angeordnet (Fig. 570), später verwischt sich jedoch diese Anordnung mehr oder weniger, und in einer alten Wurzel ist von einer irgend wie regelmässigen Anordnung nichts mehr zu sehen (Fig. 576).

Die Weite der Asagänge betrug bei *Ferula Narthex* 70—130 Mik. bei der *Ferula alliacea* 130 Mik. Bei letzteren waren benachbarte Gänge jedoch oft zu grösseren Canälen zusammengeflossen, die 560—600 Mik. Durchmesser besassen.

Ein Querdurchschnitt durch einen dünnen Stengel von *Scorodosma Asa foetida* Bunge zeigt folgendes Bild.

Unter der Epidermis liegen abwechselnd grosse und kleine Collenchymbündel, das mechanische System der Stengel bildend. Sie sind nach Aussen mehr oder weniger convex, nach Innen concav gestaltet und tragen in der inneren Ausbuchtung einen grossen Milchcanal, seltener deren zwei. Derselbe ist nur durch eine oder zwei Parenchymreihen von dem Collenchymbündel getrennt und greifen die Ränder der letzteren oft weit um ihn herum. Bisweilen fehlen die kleineren Collenchymbündel ganz. Aber auch in diesem Falle liegt alsdann zwischen zwei grossen ein Milchcanal.

Die Rinde wird von dünnwandigem, meist tangentialgestrecktem Parenchym gebildet. An sie schliesst sich der Gefässbündelcylinder an. Die primären Bündel desselben springen keilförmig weit in das Mark hinein. In dem letzteren, welches von isodiametrischen Zellen gebildet wird, liegen zahlreiche markständige Bündel und zwischen diesen findet man nun abermals Milchcanäle, doch sind diese markständigen Milchcanäle von viel geringerem Durchmesser wie die rindenständigen. Während erstere eine Weite von 80 Mik. erreichten, waren diese nur etwa 40 Mik. weit. Neben völlig ausgebildeten finden sich hier auch zahlreiche noch in Entwicklung begriffene.

Sehr charakteristisch ist die Art, wie die Milchschläuche sich hier im centralen Theile an die Gefässbündel anlehnen. Man findet nämlich ganz regelmässig stets im Siebtheile eines markständigen Bündels einen grossen nach Innen zu noch einseitig von Siebelementen umgebenen Milchcanal, der, weit grösser als die zwischen den Bündeln liegenden Canäle entwickelt, das Gefässbündel in seinem Längsverlaufe begleitet. Diese Anordnung werden wir auch später noch zu besprechen haben.

Die dicken Blattstiele, die mir von *Ferula alliacea, Ferula tingitana, Dorema Asa foetida, Scorodosma Asa foetida* zu Gebote standen, zeigten mit den Stammstücken das Gemeinsame, dass sie ebenfalls einen subepidermalen Kranz von Collenchymbündeln besassen, unter denen nach Innen zu in einer Ausbuchtung je ein Milchcanal oder deren zwei liegen; die Gefässbündel sind aber hier sämmtlich regellos über den Querschnitt vertheilt und niemals findet ein Anlehnen von Milchschläuchen an dieselben statt, die letzteren finden sich vielmehr in mehr oder minder grosser Zahl zerstreut zwischen den Grundgewebszellen.

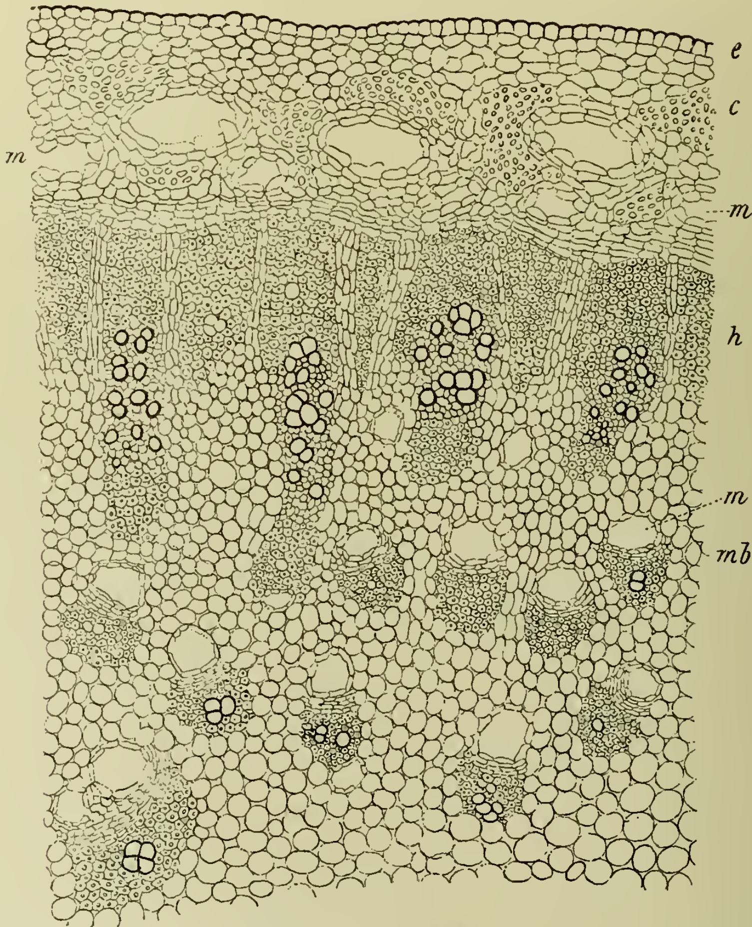
Galbanumpflanzen. Das Stengelstück der *Ferula galbaniflua*, welches ich der Güte des Herrn Professors Flückiger verdanke, war trefflich erhalten und war an mehreren Stellen mit freiwillig ausgetretenen Gummiharzklumpen bedeckt.

Es zeigte folgende anatomische Merkmale (Fig 592) Die breite Rinde ist von zahlreichen Collenchymbündeln durchzogen. An die äusseren lehnen sich ebenfalls schizogene Milchcanäle von starker tangentialer Streckung, welche Streckung hier wohl eine Folge der

[1] Tschirch, Die Milchsaft-, bezw. Gummiharzbehälter der *Asa foetida, Ammoniacum, Galbanum* liefernden Pflanzen. Arch. d. Pharm. 18?6.

Dehnung der Rinde durch das Dickenwachsthum ist. In dem inneren Theile der Rinde liegen kleinere Collenchymbündel und Milchcanäle in grosser Zahl regellos vertheilt. Dann folgt ein starker Gefässbündelring mit breitem Holzkörper, dessen Libriform oft fast bis zum Verschwinden des Lumens verdickt ist. Die primären Bündel springen oft auf weite Strecken in das Mark hinein und enthalten zahlreiche Gefässe, die secundären sind relativ gefässarm und sehr reich an Libriform. Bisweilen sind zwischen den primären Bündeln nur Libriformpanzer zu sehen. Zwischen je zwei Bündeln verläuft in radialer Richtung ein, meist mehrreihiger Markstrahl. In dem enorm grossen Markkörper, dessen isodiametrische, rundlich-polyëdrische Grundparenchymzellen schon bei Lebzeiten meist Luft führen, findet man eine grosse Zahl markständiger Gefässbündel. Ihr Holztheil ist aus sehr vielen Bastzellen und wenigen Gefässen gebildet, ihr Siebtheil, in dem trockenen Object stark collabirt, ist nur verhältnissmässig klein und lehnt sich nach Aussen zu an den grossen, mit jedem Bündel verbundenen Milchcanal an. Diese markständigen Milchcanäle, natürlich ebenfalls schizogen entstehend und von einem

Fig. 592.



Querschnitt durch die Randpartie eines Stengels von *Ferula galbaniflua Boissier et Buhse*. *e* Epidermis. *c* Collenchym. *m* Schizogene Milchsaftcanäle. *h* Gefässbündelcylinder. *mb* Markständige Gefässbündel (Tschirch).

Kranze von Secernirungszellen umgeben, sind stets im Umriss rundlich, niemals tangential, sondern bisweilen eher etwas radial gestreckt — eine tangentiale Dehnung findet ja auch in diesem Theile nicht statt. Verhältnissmässig selten kommt es vor, dass an ein Bündel sich nach Aussen mehrere (zwei) Milchcanäle anlehnen (Fig. 592 links unten), noch seltener ist der Fall, dass auch dem Holztheil der Bündel ein oder zwei Milchcanäle eingefügt sind.

Wie ein Längsschnitt zeigt, begleiten die Milchcanäle die Gefässbündel in ihrem ganzen Verlaufe.

Ausser diesen, den Gefässbündeln eingefügten, Milchcanälen finden sich auch sonst noch da und dort im Marke zerstreut meist kleinere Canäle, die namentlich zwischen den primären Gefässbündeln des äusseren Ringes mit einer gewissen Regelmässigkeit in der Einzahl aufzutreten pflegen (Fig. 592).

In der Rindenpartie erreichen die Milchcanäle eine (tangentiale) Weite von 300 Mik. doch sind sie in der inneren Schicht meist kleiner (200 Mik. und darunter). In dem Mark zeigten die Canäle eine Maximalweite von 200 Mik., im Durchschnitt war der Querdurchmesser etwa 130 Mik., die isolirten sind etwa 100 Mik. weit. Alle waren ausserordentlich lang.

Der Reichthum an grossen und weiten Canälen ist also ein ganz frappanter und erscheint es erklärlich, dass schon bei der geringsten Verletzung ein sehr reichlicher Austritt von Milchsaft stattfinden muss; wie auch bei der vollständigen Erfüllung der Canäle mit Milchsaft sehr leicht der innere Druck so stark werden kann, dass der Milchsaft an die Oberfläche herausgepresst wird.

Bei den Ammoniacumpflanzen müssen wir unser Augenmerk sowohl auf die Wurzeln, als namentlich auf die Stengel und Blattstiele richten.

Von beiden lagen mir gute Objecte vor. Die grossen, aus der Droge ausgelesenen Reste der dicken Blattstiele zeigten einen äusseren Kranz von Gefässbündeln und zahlreiche im Innern liegende markständige Bündel. Auch hier liegen unter den peripherischen Collenchymbündeln Milchcanäle.

Insofern aber weicht *Dorema* von den übrigen ab, als hier sich die Milchschläuche in einer etwas anderen als der oben beschriebenen Form an die, mit grossen Bastsicheln bescheideten Gefässbündel anlehnen. Sie liegen hier nämlich meistens dem Holztheile an, bald in der Ein-, bald in der Zwei- und Dreizahl. In dem dünnwandigen Grundgewebe fehlen Milchschläuche fast vollständig.

Die dünnen Inflorescenzstiele und Stengel mehrerer anderer *Dorema*arten, *Dorema Aucheri, glabrum* u. and., die mir zu Gebote standen, besassen namentlich in der Rindenpartie grosse Schläuche (Durchmesser 100 Mik., bei einer *Dorema* waren sie sogar 130—200 Mik, weit), die markständigen, den Gefässbündeln angefügten sind kleiner (35—65 Mik.). Im Uebrigen stimmt der Bau der Stengel der *Dorema*- mit denen der *Ferula*arten überein.

Sobald man einen Spross einer *Dorema* verwundet (ich konnte dies besonders bei der mir frisch vorliegenden *Dorema* von Leichtlin constatiren), quillt ein starker Strom von Milchsaft hervor. Solche mit Milchsaftaustritt verbundenen Verwundungen finden nun in der That, wie wir oben gesehen haben, bei der *Dorema Ammoniacum* in reichstem Masse statt. Nach allen vorliegenden Berichten muss die Verwundung durch Insecten sogar eine so gewaltige sein, dass es verwunderlich erscheint, dass die Pflanze nach derartigen Verletzungen — Stamm und Blattstiele sind oft über und über mit Wundstellen bedeckt — überhaupt noch im Stande ist, weiter zu leben.

Die grosse *Dorema*wurzel war ausserordentlich reich an Balsamgängen, deren Anordnung zu concentrischen Kreisen nur selten noch erkennbar war. Ihre Weite betrug im Maximum 240 Mik., im Durchschnitt etwa 180—200 Mik.

Schon oben habe ich erwähnt, dass bisweilen mehrere Milchschläuche durch Zerreissen dazwischen liegenden Parenchyms miteinander verschmelzen. Es wird dies wohl in allen den Fällen in der Pflanze eintreten, wenn der hydrostatische Druck in den Milchschläuchen so stark wird, dass er die hier stets unbescheideten, und von dünnwandigen Zellen umgebenen Schläuche sprengt. Bei dem Reichthum der Schläuche an Milchsaft — sie sind während lebhafter Vegetation stets ganz davon erfüllt — kann der Druck wohl auch einmal ein so starker werden, dass er nicht nur die Schläuche sprengt, sondern auch den Milchsaft durch Parenchym und Rinde hindurch nach Aussen presst. Auf solche, bei lebhafter Wasseraufnahme wohl oftmals eintretende Vorkommnisse ist alsdann offenbar der freiwillige Austritt der Milchsäfte zurückzuführen. Wären die Schläuche (wie bei vielen *Coniferen)* von einer Bastscheide umgeben, so würde ein solches Durchbrechen nicht eintreten können und ein freiwilliger Austritt wäre unmöglich. So aber leistet hier das dünnwandige Parenchym nicht genügend Widerstand und der Milchsaft kann das Gewebe durchbrechen.

Opoponax. Ich würde die anatomischen Verhältnisse dieser Pflanze hier ganz übergehen, wenn dieselben nicht einige Besonderheiten böten, die der Erwähnung werth erscheinen.

Wir haben im Verlauf der obigen Betrachtungen gesehen, dass die an die Gefässbündel angelehnten Milchschläuche stets den Siebtheil bevorzugen und nur in dem Falle, dass derselbe durch einen starken Bastpanzer nach Aussen hin abgeschlossen ist (wie bei den *Dorema*blattstielen), neben dem Holztheil zu liegen kommen. Wie sehr sie die Lage am Siebtheil bevorzugen, geht nun besonders klar aus der Betrachtung eines Querschnittes durch einen Inflorescenzstiel des *Opoponax orientale* hervor (Fig. 593).

Hier liegt der Siebtheil bei jedem Bündel nach Innen gerichtet und so ist denn auch der das Bündel begleitende Milchcanal an der Innenseite des Bündels, dem Siebtheil eingebettet, anzutreffen.

Werfen wir nun zum Schluss noch zum Vergleich einen Blick auf die anderen, der Abtheilung der *Peucedaneae* und der nächstverwandten *Angeliceae* angehörigen *Umbelliferen (Angelica, Archangelica, Peucedanum, Imperatoria, Heracleum* u. and.), so finden wir auch bei diesen allen schizogene Secretbehälter entweder in der Wurzel und den Stengelorganen

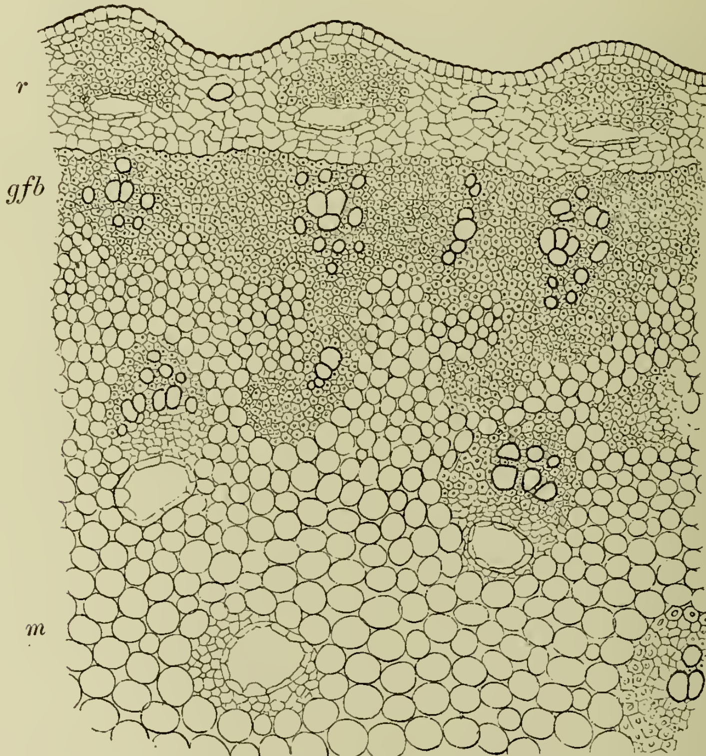
oder in einem von beiden, doch ist das Secret hier nicht ein Milchsaft, sondern ein Balsam, d. h. ein Gemenge von ätherischem Oel und Harz.[1])

Die Anzahl, sowie die Grösse dieser Balsambehälter steht in directem Verhältniss zu der Intensität des Geruches dieser Pflanzen, bez. Pflanzentheile. Während dieselben z. B. bei unserer *Angelicawurzel* (von *Archangelica officinalis Hoffm.)* in grösster Menge und recht erheblicher Weite (70—200 Mik) vorkommen, sind in der Wurzel von *Angelica silvestris L.* nur einige wenige und sehr kleine Behälter vorhanden. Noch spärlicher finden sich die Balsambehälter in den Stengelorganen. Hier sind sie auch stets nur klein und unscheinbar, bei *Angelica silvestris* z. B. nur höchstens 45 Mik weit. Niemals erreichen sie die Grösse wie bei den persischen *Umbelliferen*.

Unsere einheimischen, den persischen verwandten, *Umbelliferen* unterscheiden sich also nicht nur durch die Art des in den Secretbehältern vorkommenden Secretes, sondern auch durch die Zahl und Grösse der Behälter selbst von den persischen auf's Bestimmteste. Dennoch gibt es auch hier Uebergänge, die in der verschiedenen procentischen Mischung von Oel und Harz, und Oel und Harz und Gummi beruhen.

Der schizogenen Secretbehälter der *Clusiaceen* habe ich schon oben gedacht. Dieselben enthalten meist eine gummiharzartige Masse. Bei den *Garcinien*, den *Guttibäumen*, sind sie mit einem gelben Milchsafte erfüllt. Ihre Lage ist bei diesen, für uns besonders interessanten Pflanzen folgende:

Fig. 593.



Querschnitt durch eine Blüthenstandsaxe von *Opoponax orientale*. *r* Rinde, *gfb* Gefässbündelcylinder, *m* Mark (Tschirch).

Ein Querschnitt durch einen 10 Millimeter dicken Zweig von *Garcinia Morella*[2]) zeigt bereits unter der aus flachen, aussen stark verdickten Zellen bestehenden Epidermis

[1]) Bei *Archangelica officinalis* (in Cölleda cultivirt) fand ich in der frischen Wurzel ebenfalls Milchsaft (s. oben S. 502).

[2]) Ich verdanke Material Herrn Dr. Treub, Director des bot. Gartens in Buitenzorg (Java); die Bestimmung der Pflanze als *G. Morella* wurde in Java gemacht.

einen mehrreihigen Kork. Die Mittelrinde besteht aus tangential gestrecktem Parenchym, in welches einige wenige schizogene Milchsaftbehälter (s. unten) eingestreut sind. Nach Innen wird sie von einem vielfach unterbrochenen Ringe stark verholzter Bastzellen abgeschlossen. Die secundäre (Innen) -Rinde führt neben stärkehaltigem Parenchym zahlreiche unverholzte, stark verdickte Bastfasern und einen Kranz grosser, schizogener Milchsaftcanäle, die das Gutti enthalten. Dieselben besitzen eine Weite von circa 40 Mik. — die Schläuche der primären Rinde sind oft doppelt und dreimal so weit, ausserordentlich lang, von lichtgelbem Gummiharz vollständig erfüllt und von einem Secernirungsepithel ausgekleidet. Das Secernirungsepithel war bei meinem Material von *G. Morella* undeutlich und trat erst bei Behandlung mit Kali besser hervor. Sehr schön war es dagegen an Querschnitten durch Aeste von *Garcinia mangostana*, von welcher Pflanze mir vortreffliches Material (gleichfalls aus Java) zur Verfügung stand, zu erkennen, bei welcher Pflanze man auch unschwer die schizogene Entstehung der langen Milchsaftbehälter nachweisen kann. Bei *G. mangostana* sind die Milchsaftbehälter zudem selbst in jüngeren Rinden viel zahlreicher, bisweilen auch weiter als bei *G. Morella*. Sie besitzen hier besonders in älteren Rindenstücken einen sehr unregelmässigen Durchmesser, erweitern sich bisweilen blasenförmig und verschmälern sich dann wieder zu relativ dünnen Canälen. Immer sind sie auch hier vollständig von dem gelben Gummiharze erfüllt.

Ausser diesen Milchsaftschläuchen enthalten noch zahlreiche Zellen der Innenrinde besonders der Rindenstrahlen, ein ebenfalls braungelbes Secret, ja bei *G. mangostana* waren die Membranen fast aller Rindenzellen durch Infiltration mit dem Farbstoff schön orangegelb gefärbt.

Der Holzkörper ist durch breite tangentialgerichtete Holzparenchymbänder und breite Markstrahlen ausgezeichnet. Im Mark finden sich gar keine oder nur ganz vereinzelte Milchsaftbehälter Auch hierin weicht *G. mangostana* etwas ab. Es finden sich bei ihr nämlich schon in jüngeren Zweigen, besonders an der Peripherie des Markes, Milchsaftbehälter in grosser Zahl, auch erscheint der bei *G Morella* nur lichtgelb g färbte Holzkörper bei *G. mangostana* schön goldgelb und die Gefässe zeigen häufig gefärbte Ausfüllungen.

Aeltere Zweige von *G. Morella* von 40 Millimeter Durchmesser lassen, in demselben Maasse, wie sich die secundäre Rinde vermehrt hat, auch eine Vermehrung der Milchsaftbehälter und Bastzellen erkennen, auch im Mark waren nun Milchsaftbehalter in grösserer Zahl entstanden. Gleichzeitig hatte in der Rinde eine sehr ausgiebige Borkenbildung begonnen.

Auch bei den *Cacteen* finden sich schizogene, Milchsaft führende Gänge. Bei den *Mamillarien* durchziehen dieselben den ganzen Stamm und stehen zerstreut im Parenchym. Sie sind „zahlreich in der zwischen dem Holzringe und dem inneren Kreise stammeigener Bündelchen gelegenen Parenchymzone in der ganzen Rinde und den Mamillen. Sie sind reich verzweigt.

Ferner führen auch die schizogenen Gänge von *Alisma Plantago* Milchsaft.

Excrete in unregelmässigen Intercellularen des Gewebes.

Wahrscheinlich häufiger, als wir bisher annehmen, kommen Excrete auch in Intercellularen der Gewebe vor, die wir, da sie ganz unregelmässig sind, weder als „Gänge“, noch als „Räume“ in dem oben (S 478) umgrenzten Sinne bezeichnen können. Eine Secretion in das sonst Luft führende Intercellularsystem ist wohl stets mit einer, bisweilen bis zum Zerreissen des Gewebes fortschreitenden Erweiterung dieser intercellularen Lücken verbunden, wenigstens scheint z. B. die so ausserordentlich lückige Rinde der *Alkannawurzel* durch das Secret erzeugt zu werden.

Die *Alkannawurzel* ist überhaupt das schönste Beispiel für diese Art der Secretion. Sie besitzt in der bei der Wurzel des Handels noch stets erhaltenen primären Rinde grosse, mit einer weichen Farbstoffmasse erfüllte Lücken. Wie dieselben zu Stande kommen, ist selbst an der Droge noch nachzuweisen. Zunächst tritt der Farbstoff in den kleinen Intercellularen an den Ecken der Zellen der primären Rinde in Form von dieselben ausfüllenden Tropfen auf, er vermehrt sich bald, dringt zwischen den Zellen weiter vor und schafft sich so einen intercellularen Raum, der sich in demselben Maasse, wie sich der Farbstoff vermehrt, unregelmässig erweitert. Diese ersten Stadien sind an den inneren Partien der primären Rinde häufig. Je weiter nach Aussen, um so weiter erscheinen die Canäle,

unter dem Kork bilden sich weite im Querschnitte verbogene und verzerrte Lakunen. Sie durchziehen unregelmässig, meist jedoch die tangentiale Richtung bevorzugend, die Rinde und sind bei der Droge vollständig mit dem Farbstoffe austapezirt, der hier meist in Form von Tropfen und schmierigen Massen auftritt. In den grösseren Lakunen findet man ihn oft auch in Form prächtig rother und orangefarbener Nadeln oder schmaler Blättchen, die in den mir vorliegenden Wurzelproben eine Länge von 170 Mik. erreichten. Bei den grösseren Lakunen scheint auch eine nachträgliche Zerreissung des Gewebes einzutreten, die kleineren sind sicher rein schizogen.

Auch bei *Lysimachia Ephemerum* (DE BARY) und *Peganum Harmala* (V. HÖHNEL) wird das Secret, bei *Lysimachia* gleichfalls ein „harzartiges" Farbstoffgemenge, in die unregelmässigen intercellularen Lücken, besonders des Blattes, secernirt.

V. HÖHNEL theilt daher die schizogenen („drüsenartigen", d. h. kurzen) Secretbehälter ein in:

1. Ganz geschlossene *(Myrtaceen, Amorpha, Hymenaea, Trachylobium, Lysimachia, Myrsine)*;
2. der Anlage nach geschlossene, endlich geöffnete *(Oxalis floribunda)*;
3. ganz offene: diese sind eigentlich nichts Anderes als bestimmte, mit Secret erfüllte, gewöhnlich aber luftführende Intercellularen *(Peganum Harmala, Lysimachia Ephemerum)*.

Lysigene Excretbehälter (Lücken).

Die Entstehung der lysigenen Excretbehälter[1]) ist generell von der der schizogenen verschieden, doch entstehen schliesslich auch hier Intercellularlücken; nur ist der Secretraum niemals von einem Secernirungsepithel, sondern stets von den Resten der benachbarten, in Auflösung oder Obliteration begriffenen Zellen begrenzt.

In dem typischen Falle entsteht der Secretraum in der Weise, dass im Inhalte einer entweder distinct ausgebildeten oder nicht von dem übrigen Gewebe verschiedenen Zellgruppe Oeltropfen auftreten, die Membranen zunächst der centralen Zellgruppe gelöst werden und die Auflösung der Zellmembranen von der Mitte des Canals aus centrifugal nach der Peripherie fortschreitet. Ist dieses Fortschreiten unregelmässig und unbegrenzt, so entstehen grosse unregelmässige Harzlücken *(Styrax Benzoin, Copaifera)*, ist es regelmässig und begrenzt, runde oder ovale Behälter *(Citrus, Barosma)*. Begrenzte Entwicklung pflegt für gewöhnlich bei den lysigenen Lücken aufzutreten, die aus einer distincten Zellgruppe hervorgehen. Eine Ausnahme machen die sogenannten „Auslösungen" der Holzkörper und die „Harzgallen" (S. 512).

So ist die Sache bei den Oel- und Harzbehältern; bei den lysigenen Gummihöhlen geht die Bildung des den Canal erfüllenden Secretes nicht vom Inhalte, sondern von der Membran aus. Die Membranen einer Zellgruppe vergummen, lösen sich allmälig auf und es entsteht so eine gummierfüllte lysigene Lücke, in welche alsdann, von dem übrigen Gewebe her, weitere Mengen Secret abgeschieden werden. Auch bei den lysigenen Gummilücken kann die Vergummung entweder nur eine vorher distinct

---

[1]) Vergl. WIGAND, Ueber die Desorganisation der Pflanzenzelle. PRINGSHEIM's Jahrb. 3 und Bot. Zeit. 1850. — KARSTEN, Ueber die Entstehung des Harzes etc. Bot Zeit. 1857, S. 313. — N. J. C. MÜLLER, Untersuchungen über die Vertheilung der Harze etc. PRINGSHEIM's Jahrb. 5 (1866—67), S. 387. — V. HÖHNEL, Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1881. — FRANK, Beiträge z. Pflanzenphysiologie. 1868. — CHATIN, Ann. sc. nat. 6. Ser., 2. — VOGL, PRINGSHEIM's Jahrb. IX und Commentar d. österreich. Pharmakop., S. 437.

(meist in Form abnormen Holzparenchyms) ausgebildete Zellgruppe (Gummidrusen im *Kirschholz)* oder beliebige Elemente des normalen Gewebes *(Acacien)* erfassen.

Der Effect ist bei der Entstehung der lysigenen Harz-, bez. Oel- und Gummilücken derselbe: es entstehen regelmässige oder unregelmässige Höhlen, die von dem Secrete erfüllt und rings von obliterirtem Gewebe ausgekleidet sind. Die lysigenen Lücken sind wie die schizogenen bald geschlossen *(Citrus)*, bald offen *(Copaifera)*.

Da Milchsaft niemals in lysigenen Lücken auftritt, so kann man hier nur lysigene Gummi- und lysigene Harzbehälter unterscheiden.

Lysigene Gummilücken. Lysigene Gummihöhlen finden sich besonders bei den *Acacien* und *Amygdalaceen*. Die Entwicklungsgeschichte sowohl der Lücken, die das *Gummi arabicum* enthalten, wie jener, die das *Kirschgummi* führen, ist oben in dem Capitel „Rückschreitende Metamorphose der Membran" beschrieben worden. Lysigene Gummilücken finden sich ferner bei *Moringa pterygosperma* (in der Rinde), *Cochlospermum gossypium* (in der Rinde), *Herminiera Elaphroxylon* (im Holz) und *Sterculia urens*.[1]) Bei den *Traganth*sträuchern (*Astragalus*-Arten) vergummt das ganze Mark (vergl. oben S. 214).

Die Schleimhöhlen der *Opuntien* liegen nach DE BARY[2]) „dicht an der Aussengrenze des Siebtheiles der zu einem Netze verbundenen Blattspurstränge und folgen diesen in ihrem Längsverlaufe. Sie sind augenscheinlich lysigenen Ursprunges, Lücken in dem Parenchym, welche bis $^1/_2$ Mm. weit sind und von verquollenen, theilweise noch erkennbaren Zellen und zahlreichen, dem Schleim eingebetteten Drusen von Calkoxalat erfüllt werden".

Bezüglich der Entstehung der schliesslich lysigenwerdenden Schleimhöhlen der *Malvaceen*-Blüthenblätter *(Flor. malv. arbor.)*, der *Tilia*-Blüthen und Kelchblätter und der *Cacao*-Samenschalen ist das oben (S. 202) Gesagte zu vergleichen, bezüglich *Laminaria* siehe S. 517.

Lysigene Oel- und Harzlücken. Auch hier können wir, wie bei den lysigenen Gummi- und Schleimlücken, eine Entstehung aus vorgebildeten Zellgruppen und eine solche aus normalem Gewebe unterscheiden, erstere findet sich bei den Vegetationsorganen der *Rutaceen*[3]) (incl. *Ruteen*, *Diosmeen*, *Boronieen*, *Zanthoxyleen*, *Aurantieen*, *Amyrideen*), letztere bei *Coniferen*, *Copaifera*, *Styrax*, *Andira*, *Eperua* und *Dipterocarpus*, vielleicht auch bei *Liquidambar*, *Myroxylon* und *Acacia Catechu*, und zwar vorwiegend im Holzkörper, bei *Styrax Benzoin* auch in der Rinde.

Die erstere Gruppe besitzt geschlossene, rundlich-ovale Oellücken, die man wohl auch als „innere Drüsen" bezeichnet hat.[4])

Für diese erstere Gruppe, zu der, wie es scheint, alle *Rutaceen*[5]) gehören, jedenfalls aber die Gruppen *Ruteae (Ruta graveolens)*, *Diosmeae*, *(Barosma, Diosma, Empleurum*: *Fol. buccu) (Dictamnus)* und *Aurantieae (Citrus)*, gilt die von RAUTER[6]) beschriebene Entwicklungsgeschichte der Oellücken des Blattes von *Dictamnus* und *Ruta* seit langem als Typus. Dieselbe wird von DE BARY nach den RAUTER'schen Angaben für die Lücken der Blattoberseite von *Dictamnus* folgendermassen beschrieben:

---

[1]) VALENTA, Die Klebe- und Verdickungsmittel. 1884, S. 71.

[2]) Anatomie, S. 466.

[3]) Nur bei *Peganum Harmala* sind sie schizogen.

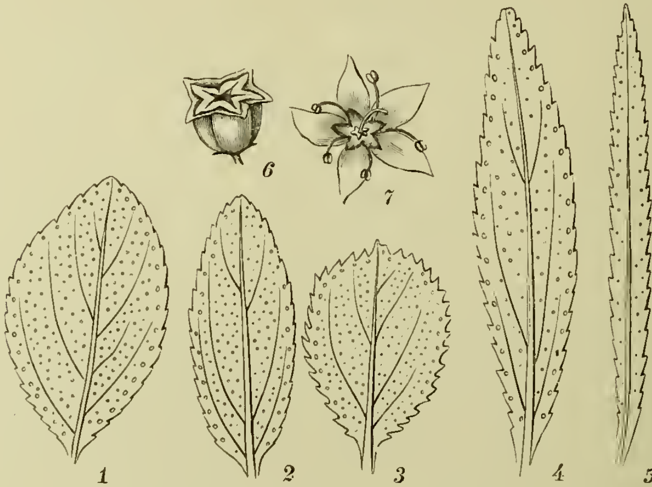
[4]) Aus den oben angeführten Gründen wird der Name Drüse in diesem Buche für die äusseren epidermalen Drüsen (s. S. 461) reservirt.

[5]) VAN TIEGHEM hält die Oellücken der *Rutaceen* entgegen den Angaben von RAUTER, MARTINET, CHATIN und DE BARY für schizogene. Vergl. hinten S. 517.

[6]) Zur Entwicklungsgeschichte einiger Trichomgebilde. Denkschriften der Wiener Akademie. 1871.

„Die Anlage einer Lücke geht aus von zwei Zellen, einer Epidermis- und einer darunter liegenden Blattparenchymzelle. Erstere theilt sich successive in vier in der Fläche kreuzweise gestellte Zellen, von denen jede weiter getheilt wird in eine dem Parenchym angrenzende (innere) und eine oberflächliche. Die oberflächlichen vermehren sich weiter zur Bildung des die Höhle bedeckenden einschichtigen Epidermisstückes, die inneren nehmen

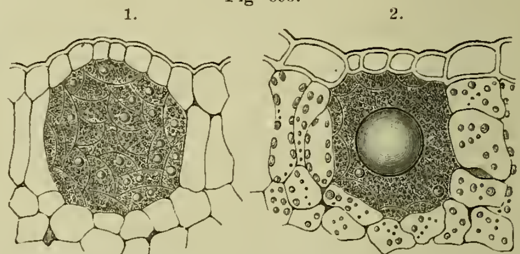
Fig. 594.



Buccublätter mit durchscheinenden Oellücken. *1. Barosma crenata Kze. var. a ovalis*, *2. A. crenulata Hook. a latifolia*, *3. B. betulina Bartling*, *4. B. serratifolia Willd.*, *5. Empleurum serrulatum Ait.*, *6.* Frucht (im Aufspringen begriffen), *7.* Blüthe von *B. crenulata* (Tschirch).

an der Lückenbildung direct Antheil. Die Hauptmasse der Lücke geht allerdings hervor aus den Theilungsproducten der primären Parenchymzelle, welche durch wechselnd horizontale und verticale Theilungen successive in zahlreiche Tochterzellen zerfällt, die mit den ihnen gleich gebauten Theilungsproducten der inneren Epidermiszelle zusammen alsbald einen lückenlos viel- und kleinzelligen runden Körper bilden. In dem anfangs dichtkörnigen Protoplasma aller Zellen dieses Körpers treten, nachdem sie ihre Theilungen und Grössenzunahme beendigt, mehr und mehr zahlreiche Tropfen ätherischen Oels auf, dann werden die zarten Membranen aufgelöst und die Oeltröpfchen fliessen zu grossen Tropfen zusammen (Fig. 595). Der Process beginnt in der Mitte des Körpers und schreitet centrifugal bis zu seiner Oberfläche fort. Die so gebildete ölerfüllte Höhlung wird, abgesehen von der Epidermis, begrenzt von Zellen des umgebenden Parenchyms, welche mehr oder minder zur Oberfläche der Höhlung abgeplattet sind und diese in lückenloser, seitlicher Verbindung untereinander abschliessen. Die Höhlung in den haartragenden Hautwarzen des Diptam entsteht in derselben Weise.

Fig 595.

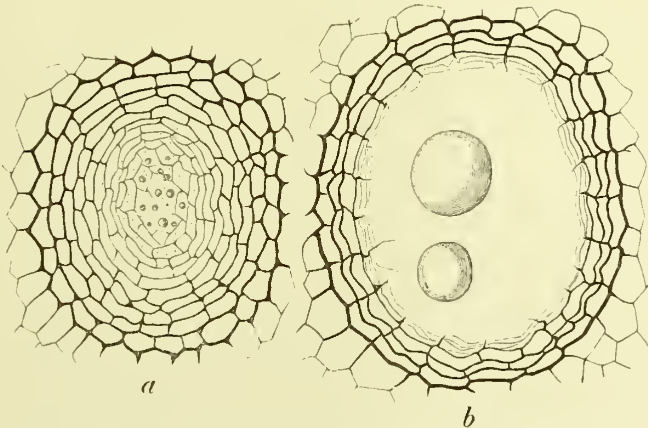


Entwicklungsstadien einer lysigenen Oellücke von *Dictamnus Fraxinella*. 1. früheres, 2. Schlussstadium (Rauter).

Wesentlich die gleiche Entwicklung haben die Oellücken von *Ruta*. Die von *Citrus* weicht jedenfalls höchstens in wenigen nebensächlichen, hier nicht ausführlich zu schildernden Einzelheiten ab. Martinet, der sie beschreibt, hat die Anfänge bis zu einem Zustand zurückverfolgt, in welchem der Querschnitt drei kleine protoplasmareiche Zellchen in der Epidermisschicht und unter dieser drei innere Zelllagen zeigt. Die Anordnung dieser Elemente ist in diesen jüngsten und in etwas späteren Stadien derart, dass für ihre erste Anlegung der von Rauter für *Dictamnus* beschriebene Modus wahrscheinlich ist. — Wesentlich die gleiche Entstehung kann endlich, nach Untersuchung fertiger und halbfertiger Zustände, für die übrigen Angehörigen der *Rutaceen*gruppe nicht bezweifelt werden."

Speciell für *Citrus* bestätigen Chatin's [1]) und meine eigenen Beobachtungen das oben Angeführte. Jedenfalls ist das erste Auftreten des ätherischen Oeles sicher im Zellinhalt zu beobachten und die Auflösung der Membranen ist eine secundäre Erscheinung. Bei *Citrus Aurantium* entsteht in den Blättern die äussere Partie der Drüse bestimmt aus der inneren Hälfte der Epidermis (v. Höhnel) und die über der Drüse liegenden

Fig. 596.



Entstehung einer lysigenen Oellücke bei *Citrus vulgaris*. *a* Beginn der Auflösung der Membranen, *b* Schlussstadium (Tschirch).

Epidermiszellen unterscheiden sich in Inhalt und Membran von der benachbarten (vergl. oben S. 499).

Ebenso wie die Oellücken von *Citrus*, wo sie sowohl in der Fruchtschale *(Cort. Fruct. aurantii, Fruct. Aurantii immatura*, Fig. 596) — hier eine ganz gewaltige Grösse erreichend [2]) — als auch in den Blättern *(Fol. aurantii*, Fig. 218) vorkommen, entstehen offenbar die der *Buccublätter* [3]) (von *Barosma, Diosma* und *Empleurum*-Arten, Fig. 594), der *Jaborandiblätter (Pilocarpus pennatifolius)* u. and. Der Ansicht Chatin's jedoch, dass auch die Excretbehälter von *Myrtus* und *Eucalyptus* lysigen entständen, kann ich nicht beipflichten (s. auch oben S. 499) und die Oelbehälter der *Laurinee* besitzen zweifellos Zellqualität und sind niemals lysigene Räume (S. 475).

---

[1]) Études histologiques et histogéniques sur les glandes foliaires intérieures et quelques productions analogues. Ann. sc. nat. 6 Ser. 2 (1875), S. 199, mit Abbildungen.

[2]) Berg, Atlas. Taf. 45, Fig. 119. — Nach Flückiger (Pharmakognosie, II) werden sie bis 1 Mm. weit. Bei der *Cort. aurantii* fand ich sie oft 400—500 Mik. weit.

[3]) Flückiger, Pharmakognosie, II, und Shimoyama, Beiträge zur Kenntniss der *Bukublätter*. Arch. d. Pharm. 1888.

Lysigene Excretbehälter finden sich jedoch nach DE BARY und v. HÖHNEL in den Blättern und der Zweigrinde der *Myoporeen* [1]) und einigen *Malvaceen (Gossypium).* VON HÖHNEL [2]) wies lysigene Genese ferner nach für die Excretbehälter von *Callionema, Toddalia, Correa, Boronia, Ptelea, Thespesia, Myoporium.* Aus dem Text geht aber nicht immer klar hervor, welcher Art das Secret dieser Pflanzen ist.

Bei *Citrus* und wahrscheinlich auch bei *Correa* und *Toddalia* sind alle Excretbehälter theilweise dermatogen.

Die zweite Gruppe der lysigenen Oel-, beziehentlich Harzbehälter ist durch die „Harzgallen" mit der ersten verbunden.

Die sogenannten Harzgallen oder Harzdrusen [3]) finden sich bei einigen Coniferen, besonders der *Fichte* und *Tanne* und in hervorragendem Maasse der *Bernsteinfichte* und unterscheiden sich dadurch von den lysigenen Lücken der ersten Gruppe, dass nur bei ihnen bestimmte different ausgebildete Zellcomplexe gebildet werden und diese alsdann allein verharzen, nicht die anderen umgebenden Gewebe. Die Zellen dieses später verharzenden Gewebes zeigen stets parenchymatösen Charakter (abnormes Holzparenchym) und werden schon als solche im Verdickungsring gebildet. Das Gleiche gilt von der Erzeugung concentrischer Harzzonen, die zu den sogenannten „Auslösungen" des Holzkörpers [4]) bei einigen Coniferen führen. Hier wird eine concentrische Zone von Holzparenchym erzeugt und diese allein verharzt. So weit ich die Genese der Harzgallen verfolgen konnte, geht sie in der Weise vor sich, dass Anfangs Stärke im Inhalte der Zellen vorhanden ist, später Oeltröpfchen auftreten, in einer Zelle die Membran gelöst wird und darauf von dort aus die Membranauflösung centrifugal bis zum Rande der Holzparenchymkugel fortschreitet.

Ausser bei den Harzgallen und lysigenen Oelbehältern ist nun noch in zwei Fällen, und zwar im normalen Gewebe des Holzes und der Rinde von *Coniferen* eine Ueberführung von Membranen in Harz sicher beobachtet worden, von FRANK [5]) in

Fig. 597.



Lysigener Harzgang (Harzgalle *hg*) aus dem Holze der Bernsteinfichte *Picea succinifera* (Bernstein enthaltend). *t* Tracheïden, *m* Markstrahlen, tangentialer Längsschliff durch ein fossiles Holzstück (Conwentz).

---

[1]) Nach VAN TIEGHEM sollen die Oellücken in der primären Rinde, dem Mark und Blattparenchym der *Myoporeen*, entgegen den Angaben von DE BARY, MARTINET u. And., schizogen entstehen. Sollte etwa auch hier schizo-lysigene Genese (S. 517) vorliegen?

[2]) Anatom. Unters. über einige Secretionsorgane etc. Sitzungsber. der Wiener Akad. 84, 1 (1881), S. 567.

[3]) FRANK, Handbuch der Pflanzenkrankheiten, S. 83.

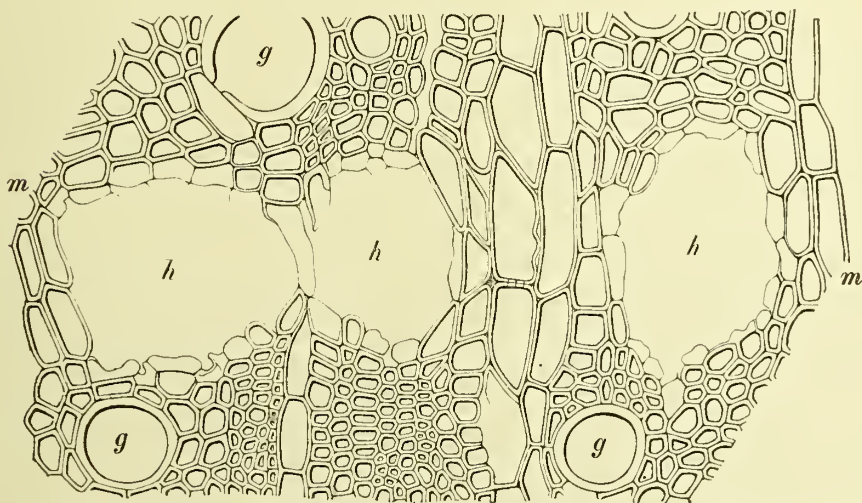
[4]) FRANK, Handbuch der Pflanzenkrankheiten, S. 84 und HALLIER, Phytopathologie, S. 82.

[5]) Handbuch der Pflanzenkrankheiten, S. 80.

der Rinde von *Thuja occidentalis* und im Holze der Kiefer, von DIPPEL [1]) im Holze der *Tanne.* Beiden gemeinsam ist die Entwicklungsgeschichte. Auch hier sind es parenchymatische Zellen (Holzparenchym, bez. Phloëmparenchym), die sich in früheren Entwicklungsstadien durch Reichthum an plasmatischem Inhalte und Stärke auszeichnen, in denen das Oel zunächst im Inhalte auftritt und deren Membranen erst dann aufgelöst werden; auch hier schreitet in späteren Stadien die Auflösung von dem so gebildeten lysigenen Canal weiter fort. Allein eine Eigenthümlichkeit tritt hier neu hinzu, die allen bisher besprochenen Fällen fehlte: die Auflösung erscheint unbegrenzt und nicht auf einen Complex gleichartiger Zellen beschränkt. So sah z. B. FRANK bei *Thuja*, dass allmälig auch die Bastzellen der Rinde in den Auflösungsprocess mit hineingezogen wurden, von Aussen nach Innen aufgelöst werden und daher wie angefressen aussehen. [2])

Dass eine derartige Auflösung von Membranen grosser ungleichartiger Zellcomplexe unbegrenzt sein kann und zur Entstehung gewaltiger Canäle

Fig. 598.



Kleine lysigene Harzgänge *(h)* im Holze von *Copaifera Langsdorffii* nach Entfernung des Excretes durch Alkohol, *m* Markstrahl, *g* Gefäss (Tschirch).

führen muss, ist klar. Derartige Canäle können ja auf eine andere als die angedeutete Weise im normalen Pflanzenkörper gar nicht entstehen. Es war also von vornherein sehr wahrscheinlich, dass bei vielen Pflanzen, die sich durch grosse Harzproduction auszeichnen, solche durch Membranauflösung entstandene Canäle sich finden werden. Ich habe dieselben bei den den Copaivabalsam liefernden *Copaifera*-Arten und dem Benzoebaume, *Styrax Benzoin*, in der That nachgewiesen.

---

[1]) Zur Histologie der Coniferen. Bot. Zeit. 1863.

[2]) Schon diese beiden sicher festgestellten Thatsachen, welche das Vorkommen lysigener Gänge bei den mit schizogenen Secreträumen so reich gesegneten, ja geradezu durch sie charakterisirten *Coniferen* ausser Zweifel stellen, zeigen, dass es ein vergebliches Bestreben ist, nach der Art der Secreträume systematisch zu classificiren, wennschon sich nicht leugnen lässt, dass im Grossen und Ganzen verwandte Gattungen auch gleichgebaute Secretbehälter zu zeigen pflegen, wie z. B. die Gattungen der *Myrtaceen, Umbelliferen, Compositen.* (Vergl. darüber besonders VAN TIEGHEM's Arbeiten.)

Soweit ich die Entwicklung der Copaivabalsamcanäle an Herbarmaterial verfolgen konnte, entstehen dieselben in folgender Weise. [1])

Der Holzkörper besteht aus grossen Gefässen, viel Libriform, schmalen Holzparenchymbändern und schmalen Markstrahlen. Im Holzparenchym erfüllen sich zunächst einige Zellen mit Harz. Alsdann lösen sich die secundären Verdickungsschichten der Membranen zunächst an den Stellen auf, wo diese Zellen an einander grenzen und es bleibt hier nur die Intercellularsubstanz als ein zartes Häutchen übrig, während die anderen Seiten noch verdickt sind. Endlich löst sich auch die Intercellularsubstanz auf und nun schreitet, während der Canal sich immer mehr mit Harzöl erfüllt, der Auflösungsprocess allmälig in centrifugaler Richtung weiter vorwärts, erfasst zunächst das umgebende Holzparenchym, dann die Markstrahlen, endlich das Libriform und die Gefässe. Die Auflösung ist jedoch durchaus nicht eine streng centrifugal fortschreitende, nicht selten bleibt hier oder da eine Zelle intact und ragt alsdann in den Canal hinein, ja selbst ganze Zellgruppen fallen der Auflösung oft erst anheim, wenn ihre ganze Umgebung zerstört ist. Auch in diesem weiteren Verlaufe der Entwicklungsgeschichte der Canäle geht die Auflösung der einzelnen Zelle in der Weise vor sich, dass zuerst die secundären Verdickungsschichten der Membran gelöst werden und erst dann die Intercellularsubstanz mit in den Process hineingezogen wird. So kommt es denn, dass beim Durchmustern von zuerst mit Alkohol und dann mit verdünntem Kali gekochten Querschnitten (Fig. 598) da und dort der Eindruck hervorgerufen wird, als sei der Canal von einem dünnwandigen Secernirungsepithel ausgekleidet. [2]) Dass dem nicht so ist, lehrt der Längsschnitt durch die Zone der Canale, besonders der tangentiale. Immerhin sind die Verhältnisse an Herbarmaterial nicht leicht zu studiren.

Der auf die oben beschriebene Weise entstandene Canal erweitert sich nun immer mehr, bis er mit einem benachbarten über den Markstrahl hin sich vereinigt und so nun schon eine beträchtliche, mit blossem Auge wahrnehmbare, harzerfüllte Lücke bildet. Durch immer weiteres Umsichgreifen der Membranmetamorphose wird diese Lücke immer weiter, breiter und länger, und so entstehen denn mit der Zeit jene grossen Höhlen [3]), in denen der Copaivabalsam sich in der Pflanze vorfindet. Um aber verstehen zu können, dass ein Baum, wie die Reisenden berichten, 40 Liter und mehr zu liefern im Stande ist, muss man annehmen, dass die lysigenen Harzcanäle ihren Inhalt auch in die Centralhöhle des Baumes ergiessen, eine Erscheinung, die nach dem, was wir über diesen Vorgang bei den *Coniferen* wissen, nichts Auffallendes hätte.

Leider war frisches Material in Europa nicht aufzutreiben, so dass ich die dem Processe der Auflösung vorhergehenden, wie die ihn begleitenden chemischen Vorgänge in Inhalt und Membran nicht verfolgen konnte.

Ausser diesen lysigenen Gängen, die dem ein- oder zweijährigen Zweige noch fehlen, aber schon in dreijährigen reichlich, und, der Lage des Holzparenchyms entsprechend, meist in Tangentialreihen angeordnet, angetroffen werden, finden sich noch, wahrscheinlich ebenfalls lysigen entstehende, Oelgänge im Mark, besonders an der Peripherie desselben. Dieselben treten schon so frühzeitig auf, dass sie schon im einjährigen Zweige fertig waren, ich also ihre Entwicklungsgeschichte nicht studiren konnte. An älteren Zweigen waren sie schon verhältnissmässig weit.

Auch in der primären Rinde ausserhalb des „gemischten Ringes“ [4]) findet sich ein Kreis von Oelbehältern. Da dieselben einen Kranz von Secernirungszellen besitzen, sind sie als schizogene Gänge zu betrachten (S. 502) Sie sind für die Balsamgewinnung, ebenso wie die analogen Gänge vieler *Coniferen*, ohne Bedeutung, da die primäre Rinde später abgeworfen wird und nur ältere Stämme ausgebeutet werden. In Betracht kommen nur die Balsamgänge des Holzes und vielleicht auch die des Markes.

Wohl in der gleichen Weise wie die Harzölgänge der *Copaifera*-Arten entstehen die Gänge im Holze der den Gurjunbalsam liefernden *Dipterocarpus*-Arten [5]) und bei der das Harzöl: *Balsamum antharthriticum indicum* liefernden *Eperua falcata*. [6]) Auch hier beginnt die Auflösung im

---

[1]) Tschirch, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1888, S. 3. Karsten hält (Bot. Zeit. 1857, S. 316) die Canäle der *Copaifera* ebenfalls für lysigen. Seine Beschreibung ist jedoch unzutreffend.

[2]) Dies hat auch Eykmann veranlasst, den *Copaifera*-Arten schizogene Gänge zuzuschreiben. (Een Bezoek aan s'lands plantentuin te Buitenzorg, 1887, Pl. II, No. VII.)

[3]) In einem mir aus Java gütigst zugesandten 4 Cm. dicken Aststücke von *Copaifera officinalis* fand ich zwei mehrere Millimeter grosse Harzlücken im Holz.

[4]) So nenne ich den aus Sclereïden und Stereïden gemischten Ring an der Grenze der primären Rinde, der in sehr zahlreichen Rinden auftritt (siehe oben S. 389 und Pringsheim's Jahrb. 1886, XVI, S. 318 und Berichte d. Deutsch. bot. Ges. 1885, S. 73).

[5]) Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen konnte ich bei *Dipterocarpus* nicht machen, die anatomischen Bilder des fertigen Canals sind dieselben wie bei *Copaifera*.

[6]) Vergl. auch Mezger, Beitrag zur anat. etc. Kenntniss des Holzes der *Eperua falcata*. Arch. d. Pharm. 1884, S. 873.

Holzparenchym der mittleren Holzpartien des secundären Xylems. Bei *Dipterocarpus* betheiligt sich jedoch auch das primäre Holz in sehr hervorragendem Maasse an der Resinose. Schon im zweijährigen Zweige liegt an der Peripherie des Markes ein Kreis sehr langer, gewaltiger Gänge. [1])

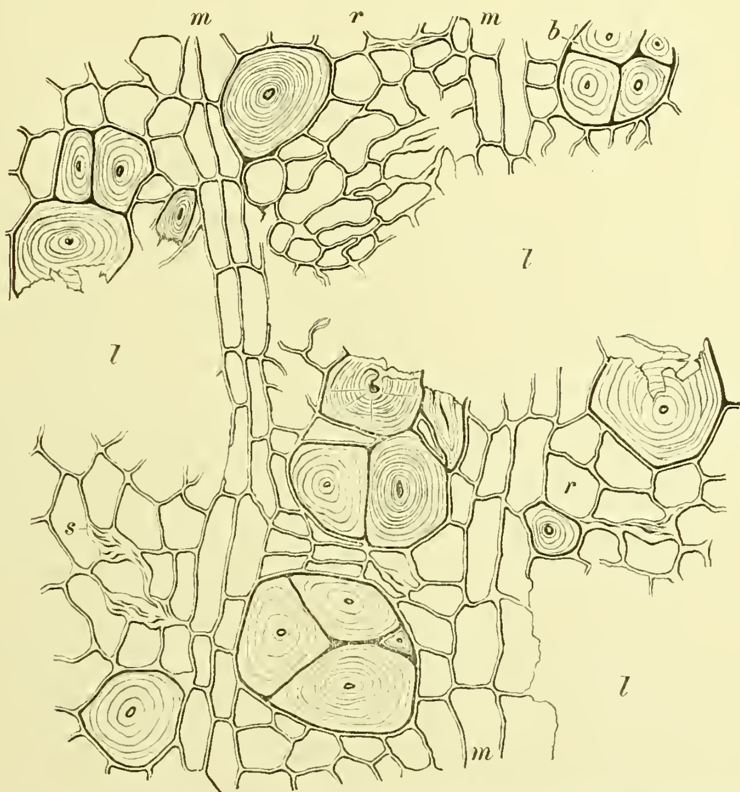
Auch bei *Styrax Benzoin*, der Stammpflanze der *Benzoe* des Handels, entsteht das Harz nicht in schizogenen Canälen. [2])

Einjährige Zweige von *Styrax Benzoin* lassen überhaupt nirgends Secreträume erkennen. In der primären Rinde liegen grosse Bastbündel. Dieselben werden beim weiteren Dickenwachsthum gesprengt und man findet sie daher bei älteren Rinden mehr oder weniger isolirt.

Die älteren Rindenstücke, wie solche der Droge bisweilen beigemengt sind, lassen die Entwicklungsgeschichte der Secretbehälter in allen Stadien verfolgen.

Die Anatomie der Rinde ist einfach. Auf eine schmale Korkzone folgt die ebenfalls schmale primäre Rinde, in der nun nachträglich kleine Secretbehälter unbekannter Provenienz

Fig. 599.



Lysigene Harzhöhlen aus der Rinde von *Styrax Benzoin* nach Entfernung des Excretes durch Alkohol, *m* Rindenstrahlen, *r* Phloëmparenchym, *b* Bastzellen, *s* obliterirte Siebbündel, *l* Harzlücken (Tschirch).

entstanden sind. Dann folgt die breite, von Markstrahlen durchzogene, secundäre Rinde. Dieselbe besteht hier der Hauptmasse nach aus Rindenparenchym (Phloëmparenchym), dessen Zellen im Querschnitt viereckig-rundlich sind und die nicht eben stark gestreckt erscheinen. Ihre Querwände sind entweder horizontal oder mehr oder weniger geneigt — nicht selten sind sie ausserordentlich stark schief gestellt. Sie sind ebenso wie die übrige Wandung der Zellen grob getüpfelt. Das Phloëmparenchym bildet radiale Reihen. Mit diesen Phloëmparenchymbändern wechseln in der secundären Rinde in unregelmässiger Alternans

[1]) Ich habe nur die fertigen Gänge gesehen und diese machen den Eindruck lysigener Genese, sicher lässt sich dies nur entwicklungsgeschichtlich feststellen. van Tieghem hält sie für schizogen. Es wäre nicht unmöglich, dass beides richtig ist, indem sie zu den schizo-lysigenen (S. 517) gehören.

[2]) Tschirch, Ber. d. deutsch. botan. Ges. 1888, S. 3.

Gruppen von mechanischen Elementen ab, die die von mir als „Nesterbildung“ [1]) charakterisirte Erscheinung darbieten, d. h. rundliche oder längliche, sich leicht aus dem Gewebeverbande lösende, in scharfer Contur sich gegen Markstrahlen und Phloëmparenchym absetzende Gruppen bilden. Diese Nester bestehen aus Brachysclereïden und Bastzellen. Secretbehälter fehlen.

Die Markstrahlen sind ein- oder mehrreibig. In ihnen nimmt die Harzbildung ihren Anfang. Verfolgt man dieselbe nämlich entwicklungsgeschichtlich, d. h. untersucht man zunächst jugendliche Rindenstücke, so sieht man, wie in den Markstrahlen zunächst im Inhalt der Zellen ein bräunlicher Körper auftritt und erst dann die Zellmembranen der Verharzung anheimfallen.

Nach und nach schreitet dieselbe weiter fort, erfasst das umgebende Phloëmparenchym und endlich sogar Bastzellen und Sclereïden. Besonders an letzteren kann man, wenn der Schnitt zuvor mit Alkohol und verdünntem Kali behandelt wurde, sehr schön alle Stadien der Auflösung erkennen (Fig. 599). Zuerst tritt die Schichtung deutlich hervor, dann sondern sich die Schichten schalenartig und von Aussen nach Innen her erfolgt die Auflösung. Da die Auflösung immer nur an der dem lysigenen Harzcanal zugekehrten Seite erfolgt, so geht daraus hervor, dass auch hier die Auflösung der Membranen in Harz keine Erscheinung ist, die der Membran selbst eigen ist, sondern eine Erscheinung, die unter dem Einflusse von in dem lysigenen Canal enthaltenen und wohl zunächst in den Markstrahlenzellen gebildeten lösenden Agentien erfolgt. Wenn dem nicht so wäre, so würde nicht einzusehen sein, warum die Auflösung nicht gleichmässig an allen Zellen ringsum und an beliebigen Stellen der Elemente erfolgen sollte. Thatsächlich schreitet die Auflösung aber von dem lysigenen Canale aus in centrifugaler Richtung fort. So entstehen im Innern der Rinde grosse lysigene Canäle.

In einigen Fällen sah ich auch die Verharzung von dem Phloëmparenchym ausgehen.

Der Holzkörper wird gebildet von sehr zahlreichen, meist 65—100 Mik. weiten, oft zu Gruppen vereinigten, getüpfelten Gefässen mit schwach radial-schief gestellten, sehr oft nicht perforirten, sondern sogar breit leiterförmig verdickten Querwänden (gefässartige Tracheïden), nicht eben stark verdickten Libriformzellen mit linksschiefen Tüpfeln und wenig starkgetüpfeltem, stärkeführendem Holzparenchym. Die Markstrahlen sind ein- oder mehrreihig. Wenn in der Rinde die Verharzung stark ist, wird auch der Holzkörper in Mitleidenschaft gezogen. Die Verharzung beginnt auch hier in den Markstrahlzellen. Auch hier tritt zuerst ein bräunlicher (?) Körper im Inhalte auf, dann verharzen die Membranen, und ist erst der lysigene Canal gebildet, so fallen der Verharzung auch die umgebenden Elemente, Gefässe, Libriform und Holzparenchym anheim. Auch Wiesner bemerkt in seinen mikroskopischen Untersuchungen (1872) S. 90: dass „an der Bildung des Benzoeharzes verschiedene Gewebe sowohl des Rinden- als des Holzkörpers Antheil nehmen“.

Bei älteren Rindenstücken ist oft die ganze Rindenmasse von Harz durchsetzt, eine Erscheinung, die ich bei Holzstücken nicht beobachtete. Die Benzoe scheint also vorwiegend in der secundären Rinde zu entstehen.

Vergleicht man die sämmtlichen bei *Abies*, *Thuja*, *Copaifera*, *Dipterocarpus*, *Eperua* und *Styrax* beobachteten Erscheinungen mit einander, so springt eine gemeinsame Eigenthümlichkeit sofort in’s Auge. Es tritt zunächst in den Zellen, bei denen die Bildung des Canals anhebt, eine Vermehrung des Inhaltes ein, bei den im frischen Zustande untersuchten Pflanzen war Stärke und Plasma, bei dem Herbar- und Drogenmaterial deutlich nur letzteres nachzuweisen. Dann erscheinen bei allen Oeltröpfchen bez. Harzkörnchen und erst jetzt beginnt die Membranmetamorphose. Es ergibt sich hieraus, dass wir letztere erst als eine Folgeerscheinung der Harzbildung zu betrachten haben. Nichtsdestoweniger geht jedoch aus den mitgetheilten Untersuchungen hervor, dass die Membran, die verholzte und die unverholzte, in Harz übergeführt zu werden vermag, denn der fertige Inhalt der Harzgänge der übrigen Pflanzen zeigt keine Spur mehr von Zellstoff- oder Ligninreaction.

Betrachtet man die Art der Auflösung der Membranen in ihrem Verlaufe, so gewinnt die Vorstellung Wahrscheinlichkeit, dass in der Initialharzzelle schon, mehr noch in dem Harzcanale, ein Körper gebildet wird, der die Ueberführung der Membran in Harz bewirkt. Welcher Art dieser Körper ist, ist an frischem Material festzustellen. Jedenfalls — das geht aus dem ganzen Verlaufe des Auflösungsprocesses zweifellos hervor — ist die Ueberführung der Membran in Harz kein Process, der von der Membran selbst ausgeht, wie die Gummischleimbildung des Tra-

---

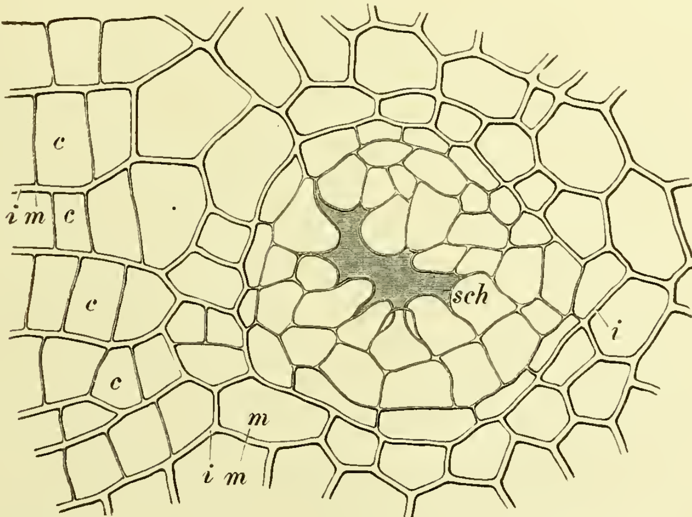
[1]) Pringsheim’s Jahrb. XVI, S. 333.

ganth, des Lein- und Quittensamen, des *Faenum graecum*. Denn die Auflösung erfolgt, wie man namentlich bei den mechanischen Elementen der *Benzoe* verfolgen kann, vom Canale, bei der einzelnen Bastzelle also von Aussen nach Innen oder vom Inhalte der harzführenden Zelle her — niemals ist daher eine morphologische Veränderung der Membran (in der Art der verschleimenden Membranen) vor der Lösung wahrnehmbar.

Schon oben (S. 218) habe ich erwähnt, dass VOGL für das Angelimharz [1]) und das Ararobapulver *(Andira retusa* [2]*)* die Entstehung in lysigenen Räumen nachgewiesen hat.

Nach DE BARY's Angaben [3]) entsteht auch das *Storaxharz (Liquidambar styraciflua)* und der *Canadabalsam (Abies balsamea)* in Gewebslücken, die durch rückschreitende Metamorphose der Membranen der sogenannten Markflecke (S. 407) des Holzkörpers gebildet wurden. Diese Angabe bedarf jedoch noch der Bestätigung.

Fig. 600.



Schizo-lysigener Schleimgang *(sch)*, im Querschnitt aus der Rinde eines dicken *Laminariastipes*, *i* verschleimte Intercellularsubstanz, *m* dünne secundäre Membran der normalen Gewebszellen *c* „Cambium" (Tschirch).

Schizo-lysigene Räume.

Unter dem Namen schizo-lysigene Räume begreife ich alle die Excretbehälter, die dadurch entstehen, dass zunächst ein schizogener Canal erzeugt wird und die Randpartie desselben nach und nach aufgelöst wird.

Andeutungen über diese von mir an dieser Stelle zuerst aufgestellte Gruppe von Secretbehältern finden sich in der Literatur zerstreut.

So berichtet FRANK von einer, von den schizogenen Harzcanälen ausgehenden Auflösung der umliegenden Gewebe im Holze der Kiefer. HABERLANDT [4]) hat bei den Oeldrüsen der Blätter von *Ruta graveolens* beobachtet, dass der Oelraum schizogen angelegt und später auf lysigene Weise erweitert wird, ich selbst habe bei den langen Canälen im Protohadrom von *Dipterocarpus* eine von dem Canale ausgehende, zunächst

---

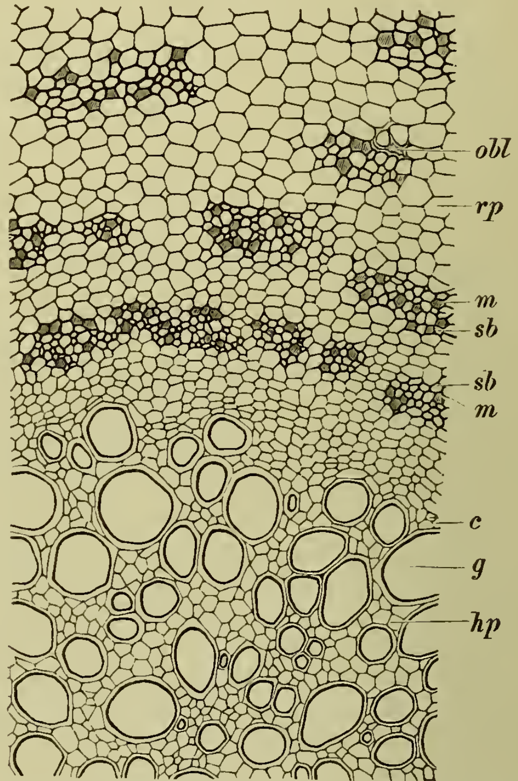
[1]) PRINGSHEIM's Jahrb. IX.
[2]) Commentar z. österreich. Pharmakop., S. 437, Fig. 164.
[3]) Anatomie, S. 508.
[4]) Anatomie, S. 329.

die Secernirungszellen erfassende Auflösung oben (S. 514) als wahrscheinlich bezeichnet und eine solche für die Schleimhöhlen der älteren *Laminarien-stipites* nachgewiesen.

Bei letzteren (Fig. 600) verschleimt zunächst die Intercellularsubstanz einer benachbarten Zellgruppe, so dass ein schizogener Canal entsteht, und dann erst lösen sich auch die (secundären) Membranen der benachbarten Zellen auf, so dass der schliesslich gebildete Canal lysigen entstanden ist, indem sich in dem Gummischleim der Mittellamelle die Zellen aufgelöst haben.

Das Vorhandensein dieser schizo-lysigenen Genese dürfte manche Differenzen, die sich in der Literatur über die Entwicklungsgeschichte der Excretbehälter finden, aufklären.

Fig. 601.



Querschnitt durch die Wurzel von *Taraxacum officinale*. *sb* Siebröhren, *m* Milchröhren, beide zu Bündeln vereinigt, *c* Cambium, *g* Gefässe, *hp* Holzparenchym (Tschirch).

Milchröhren.

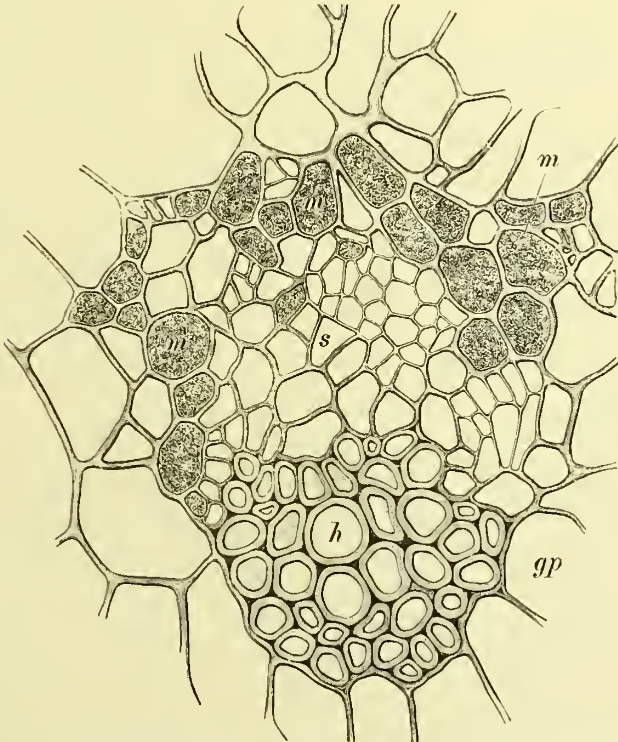
Bei der Besprechung des Leitungsgewebes (S. 350) habe ich bereits erwähnt, dass unter die Elemente, welche die plastischen Stoffe (und eventuell auch die Eiweisskörper) leiten, auch die Milchröhren [1]) (Milchsaftröhren, Milchsaftgefässe, *Vasa laticifera s. lactis,* Lebenssaftgefässe) zu rechnen sind. In der That hat Haberlandt gezeigt, dass mancherlei Gründe dafür sprechen, dass die Milchröhren Leitungsorgane sind. Da die Acten über den Gegenstand aber noch nicht geschlossen sind und in den Milchröhren ganz allgemein Stoffe vorkommen, die wir als Excrete betrachten

[1]) Schacht, Milchgefässe von *Carica Papaya.* Monatsber. d. Berliner Akademie. 1856. — Ungenannter, Bot. Ztg. 1856. — Hanstein, Milchsaftgefässe und verwandte Organe der Rinde. Berlin 1864. — Meyen, Secretionsorgane d. Pflanzen. 1837. — David, Ueber d. Milchzellen der *Euphorbia* etc. Dissertation. Breslau 1872. — Faivre, Recherches sur la circulation et sur le rôle du latex dans le Ficus elastica. Ann. sc. nat. 1886, 5 Ser., 6 B. und Études physiologiques sur le latex du Mûrier blanc. Ebenda 1869 und Compt rend. 1879. — Schullerus, Die physiol. Bedeutung des Milchsaftes von *Euphorbia Lathyris.* Abh. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg. 1882. — Haberlandt, Zur physiol. Anatomie d. Milchröhren. Sitzungsber. d. Wiener Akad. 87 B. (1883). — Schwendener, Einige Beobachtungen an Milchgefässen. Sitzungsber. d. Berliner Akad. 1885. — Trécul, Recherches sur les vaisseaux laticifères. Adansonia. 1866/67, VII—IX (zahlreiche Aufsätze, die auch zum Theil in den Compt. rend. und den Ann. sc. nat. stehen). — Caruel, Sur les granules particuliers du suc laiteux du figuier. Bull. soc. bot. 1865, S. 273. — Weiss und Wiesner, Bot. Ztg. 1861 und 1862. — Hartig, Bot. Ztg. 1862. — Trécul, Compt. rend. 1865, S. 156. — van Tieghem, Structure des Aroidées. — Dippel, Entstehung der Milchsaftgefässe. Verhandl. d. betaafsch Genootschap etc. te Rotterdam. T. XII (1865). — Vogl, Ueber die Intercellularsubstanz und die Milchsaftgefässe in der Wurzel des gemeinen Löwenzahn. Sitzungsber. d. Wiener Akad. 48 (1863), und Beiträge zur Kenntniss der Milchsaftorgane der Pflanzen. Pringsheim's Jahrb. 5. — Karsten, Gesammelte Beiträge, S. 253. — de Bary, Anatomie.

müssen, wie Kautschuk, die Alkaloide, Harz u. a., die Milchröhren also sicher nicht ausschliesslich Leitungsorgane darstellen, so mögen sie an dieser Stelle abgehandelt werden.

Die Gründe, welche dazu geführt haben, die Milchröhren zu den Leitungsorganen zu rechnen, sind ihre anatomisch-topographische Vereinigung mit Leitparenchym und Siebtheil einerseits [1]) und Assimilationsgewebe, speciell Palissadengewebe andererseits, das Vorkommen von Kohlehydraten, selbst geformter Stärke in ihnen (Fig. 61), und endlich die Thatsache, dass bei starker Ausbildung des Milchröhrensystems das Leitparenchym und die Siebröhren eine entsprechend geringere Ausbildung zeigen — beide also sich gegenseitig zu vertreten scheinen. [2]) Dazu tritt noch die bemerkenswerthe Erscheinung, dass der Milchsaft in seiner Zusammen-

Fig. 602.



Gefässbündeln aus der jungen Fruchtkapsel von *Papaver somniferum* (*h* Holztheil, *s* Siebtheil) mit vorgelagertem Milchröhrenbeleg (*m*), *gp* Grundparenchym (Tschirch und Eberhardt).

setzung je nach dem Stadium der Entwicklung des betreffenden Pflanzenorganes eine verschiedene Zusammensetzung besitzt, sowohl was die Kohlehydrate als auch andere Substanzen betrifft. Bei *Euphorbia Lathyris* ist der Milchsaft z. B. in der jungen Keimpflanze reich an Stärke, Plasma und Fett, zur Zeit der Samenreife arm an, ja frei von allen diesen Körpern und wässerig (Schullerus).

Bei der jungen Mohnkapsel, wie dieselbe zur Opiumgewinnung benützt wird, ist der Milchsaft reich an Alkaloiden, bei der ausgewachsenen

---

[1]) In der Wurzelrinde von *Taraxacum* sind sie z. B. mit den Siebelementen zu Bündeln eng verbunden (Fig. 606).

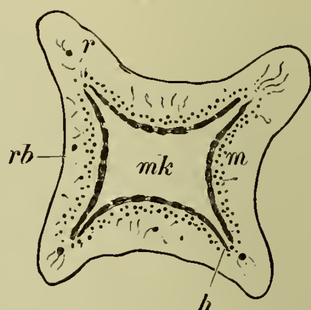
[2]) Haberlandt, Zur physiol. Anatomie der Milchröhren. Sitzungsber. der Wiener Akad. 87 (1883).

sehr arm daran, und auch bei der Feige macht der Milchsaft mit fortschreitender Reife des Fruchtstandes eine Umbildung durch, er ist giftig in der unreifen, vollständig unschädlich bei der reifen Frucht.[1]) Im Allgemeinen kann man sagen, „dass der Reichthum des Milchsaftes an plastischen Substanzen mit der Intensität der Stoffleitungsvorgänge in der Pflanze zu- und abnimmt" und zur Zeit der Samenreife am stärksten zurückgeht. Bei Vegetation im Dunkeln nehmen die plastischen Substanzen im Milchsaft schnell ab (Sachs, Faivre).

Alles dies sind zum Theil gewichtige Gründe für die Annahme, die Milchröhren seien Leitungsorgane.

Denselben stehen folgende Gründe gegenüber, die für die Auffassung der Milchröhren als Secretbehälter sprechen: der Milchsaft ist reich an Auswürflingen des Stoffwechsels, auch enthalten verhältnissmässig wenige Pflanzen Milchröhren und der Milchsaft verhält sich bei Verwundungen ganz wie die Secrete — er verschliesst, wie mir Versuche zeigten, Wunden so rasch und vollständig, dass kein anderer Wundverschluss nöthig ist. Mit dieser Eigenthümlichkeit scheint mir die sehr verbreitete Erscheinung in Zusammenhang zu stehen, dass die Milchröhren bei localer Verbindung mit dem Siebtheil meist vor dem, d. h. ausserhalb des Siebtheils liegen. Bei isolirten Bündeln umgeben sie den Siebtheil oft in einem flachen Bogen (*Fruct. papaveris* [Fig. 602]). Bei geschlossenem Ringe liegen sie, wie ein breiter concentrisch umlaufender Panzer, rings um die Siebtheile (*Euphorbia resinifera* [Fig. 603, 609]).

Fig. 603.



Querschnitt durch ein Caulom von *Euphorbia resinifera*. *mk* Mark, *r* Rinde, *h* Gefässbündelring, *m* Kranz von Milchröhren um den Gefässbündelring, *rb* Rindenbündel (Tschirch).

Mir scheint die Wahrheit inmitten zu liegen. Die Milchröhren mögen leitende Organe sein, sie sind aber sicher auch Excretbehälter. Mehr spricht freilich z. Z. dafür, dass sie leitende Organe sind und hierin mag denn wohl ihre Hauptfunction liegen.

Die Milchröhren durchziehen die fertigen Pflanzentheile als continuirliche, meist sehr reich verzweigte Röhren der ganzen Länge nach und entsenden in alle Theile ihre Zweige. Sie besitzen stets unverholzte und unverkorkte, aus reiner Cellulose bestehende glatte oder doch nur sehr flach getüpfelte, weiche Cellulosewände, die entweder nur sehr zart (*Aroideen, Vinca*) oder — und dies ist der häufigere Fall — mehr weniger stark, oft sogar sehr erheblich verdickt (*Euphorbia resinifera*, Fig. 609) und dann auch deutlich geschichtet (*Cort. condurango*) und gestreift sind. Tüpfel sind selten, wenn vorhanden sehr zart, knotenförmige, nach Innen vorspringende Verdickungen nur bei *Argemone* beobachtet. Meist ist die Wand ganz glatt.

Für die im Stamme verlaufenden Milchröhren gilt als Regel, dass sie im oder am Siebtheil liegen, als Begleiter oder Vertreter der Siebröhren. Mit den Gefässen scheinen sie niemals in offener Communication zu stehen (de Bary), obwohl sie die Gefässe und die Tracheïden, besonders in den Gefässbündelendigungen, oft begleiten und die Gefässe milchender Pflanzen oftmals auch Milchsaft enthalten (S. 336).

Die Milchröhren bilden innerhalb der Pflanzen ein zusammenhängendes System. In den primären Geweben verlaufen die Milchröhren in

[1]) Aus diesem Verschwinden alkaloidartiger Körper scheint hervorzugehen, dass die Alkaloide unter Umständen nicht nur Abfallsproducte des Stoffwechsels sind (S. 131), sondern in den Stoffwechsel zurückzukehren vermögen.

den Wurzeln im Siebtheil der Bündel (nur bei den *Euphorbien* kommen daneben auch subepidermale vor), in den Stengeln, Blattstielen und Blattrippen in der Umgebung der Siebtheile im Phloëmparenchym verstreut, dem Bündel im Längsverlaufe folgend, bei vorhandenem Bastbeleg ausserhalb des letzteren. Daneben finden sich auch im Siebtheile selbst kleinere Milchröhren (*Cichoriaceen, Papaver*) und neben den markständigen Siebbündeln markständige Milchröhren. In den Blättern dringen die den Nerven folgenden Milchröhren oft in die Blattfacetten ein und legen sich an Palissadenzellen an, blind endigend. Derartige sich von den Bündeln abzweigende und an das subepidermale Gewebe anlegende Röhren finden sich in Blättern und Stengelorganen, ja selbst in der Fruchtschale (*Papaver*). Besonders bei den *Euphorbien* (*Euph. resinifera*) sind solche „rindenständige" Milchröhren häufig. Bisweilen dringen Aeste derselben bis an, ja angeblich selbst zwischen die Epidermiszellen vor. Diese subepidermalen Milchröhren zweigen sich in den Stengelknoten von den Hauptstämmen ab. Von letzteren treten auch oftmals Zweige in das Mark. Dieselben zweigen sich bei markständigen Siebröhrenbündeln von den diese begleitenden Hauptstämmen ab (*Asclepias, Hoya*), bei Pflanzen ohne markständige Siebröhren (*Euphorbia, Ficus*) gehen sie meist in den Knoten von den Hauptbündeln ab. Die markständigen Milchröhren sind entweder über den ganzen Markkörper vertheilt (*Ficus*) oder auf die Peripherie beschränkt (*Euphorbia*).

Der Milchsaft ist stets eine Emulsion, d. h. es finden sich in ihm in eine klare Flüssigkeit eingebettet zahlreiche kleine Körnchen oder Bläschen. Meist ist der Milchsaft weiss (*Papaver*, *Lactuca*), seltener gelb (*Argemone*) oder orange (*Chelidonium* [1]).

Es finden sich in den Milchsäften Eiweiss, Pectin, Lactucon, Gummi, Gerbstoff (*Cichoraceen*, *Musa, Euphorbia Lathyris*, *Aroideen*), Stärke (*Euphorbien* [2]), Alkaloide (*Papaver*), Kautschuk (besonders in *Dichopsis*, *Hevea Ficus* und *Payena*arten), Fett und Wachs (*Galactodendron*), Harz (*Euphorbia resinifera*), Salze, besonders Calkmalat, oft in erstaunlicher Menge (*Euphorbien*). In Berührung mit der Luft gerinnt der Milchsaft rasch. Dabei ändert sich seine Farbe oft und wird mehr weniger dunkel. Die suspendirten Körnchen und Tröpfchen sind oft unmessbar klein und in lebhafter Molecularbewegung, doch werden sie bisweilen auch grösser. So findet man z. B. in dem Milchsafte der reifen Feige oft Körner von 3—8 Mik. (Fig. 611), die nach Caruel [3]) sogar Schichtung zeigen sollen, was de Bary auch für die Körner des Milchsaftes von *Ficus elastica, Broussonetia* und *Maclura* angibt.

Kautschuk ist in sehr wechselnden Mengen in dem Milchsafte verschiedener Pflanzen enthalten (S. 137). Bisweilen (bei den eigentlichen Kautschukpflanzen: *Euphorbiaceen*, *Hevea; Artocarpeen*, *Ficus, Castillea*; *Apocyneen, Urceola, Vahea*, *Haucornia; Asclepiadaceen*, *Calotropis*) bildet Kautschuk die Hauptmasse der festen Bestandtheile, bisweilen ist er aber nur in sehr geringer Menge vorhanden (*Papaver*, *Lactuca* [4]).

Die Weite der Milchröhren schwankt ziemlich erheblich. Bei *Euphorbia resinifera* sind sie 70—90—135 Mik. weit (bei einer Dicke der Wand von 6—10 Mik.), bei *Cort. condurango* beträgt die Weite 32—35 Mik. Bei *Dichopsis* 60—105 in der primären, 18—30 in der secundären Rinde. Bei

---

[1]) Für die in schizogenen Secretbehältern auftretenden Milchsäfte (S. 502) gilt dasselbe. Der Milchsaft der perischen *Umbelliferen* ist weiss, der der *Garcinien* (*Gutti*) gelb.

[2]) Die Stärke besitzt bei den *Euphorbien* oft die Form von gestreckten oder knochenförmigen Stäbchen (Fig. 61).

[3]) Sur les granules particuliers du suc laiteux du figuier. Bull. soc. bot. France. 1865, S. 273.

[4]) Vergl. auch Collin's Report of the Caoutschuk of commerce. London 1872. — Wiesner, Rohstoffe. — Flückiger, Pharmakognosie.

der Wurzel von *Cichorium Intybus* 5—10 Mik., in dem Hypanthium der Feige 45—50 Mik.

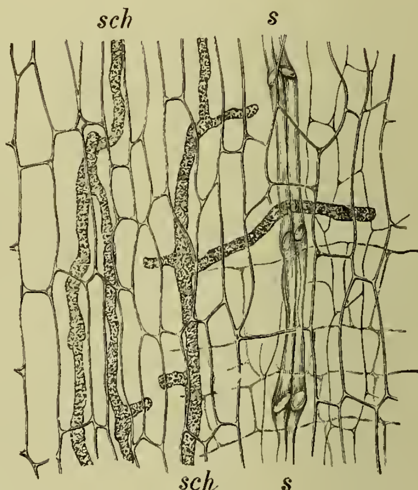
Um die Milchröhren studiren zu können, ohne durch den austretenden Milchsaft gestört zu werden, empfiehlt es sich, den frischen Pflanzentheil in Alkohol, dem etwas Jod zugesetzt ist, einzulegen, der Milchsaft gerinnt alsdann in den Röhren und färbt sich lichtgelb.

Die Milchröhren kommen in zwei verschiedenen Formen vor, als gegliederte und ungegliederte Milchsaftröhren.

1. Die gegliederten Milchröhren.

Dieselben finden sich bei den *Cichoriaceen*, *Campanulaceen, Lobeliaceen*, der *Cynaree Gundelia Tournefortii* (TRÉCUL), den *Papayaceen*, vielen *Papaveraceen (Papaver, Argemone, Chelidonium)*, manchen *Aroideen* und *Musaceen.* Sie entstehen aus Reihen langgestreckter Meristem- resp. Cambiumzellen, die durch Perforation, resp. Resorption ihrer Querwände (S. 225) zu continuirlichen Röhren verschmelzen. Die letzteren sind entweder wenig oder gar nicht verzweigt *(Chelidonium)*, oder sie bilden — der gewöhnliche Fall — ein reich anastomosirendes Netz *(Taraxacum)*. Die Querwände sind entweder vollständig resorbirt oder es bleibt nur ein schmaler Rand (wie bei den Gefässen) übrig, oder die Querwand wird nur perforirt, nicht resorbirt (selten). „Seitlich treibt die Röhre meist an zahlreichen Punkten Aussackungen, welche sich zwischen die benachbarten, ungleichnamigen Gewebselemente eindrängen und zu cylindrischen Aesten auswachsen, die theils kurz, nicht länger als breit, bleiben, theils erhebliche Länge erreichen. Ein Theil dieser Aussackungen endigt blind. Andere treten mit gleichen, von benachbarten Röhren kommenden oder mit den Stämmen dieser in Verbindung und durch Schwinden der Wand der Berührungsstelle in offene Communication. Wo zwei Röhren der Länge nach nebeneinander laufen, treten dieselben ferner durch zahlreiche grosse Perforationen der Berührungswand in offene Verbindung. So entsteht ein meist sehr reichmaschiges Netz von communicirenden Röhren mit Maschen verschiedenster Gestalt und Grösse und mit blinden Aesten verschiedener Länge und Richtung, (Fig. 604—608), eingesetzt in die — meist parenchymatische — ungleichnamige Umgebung. Dasselbe ist durch die ganze Pflanze verbreitet. Nicht netzförmige gegliederte Röhren, wie die von *Chelidonium*, sind wenigstens an den Insertionsstellen seitlicher Auszweigungen verästelt und senden von jenen aus Zweige in letztere“ (DE BARY).

Fig. 604.



Rinde der Cichorienwurzel (Radialschnitt). *sch* Milchsaftschläuche, *s* Siebröhren. Vergr. 160 (Möller).

Bei den *Cichoriaceen*-Stengeln umgibt ein Milchröhrenkranz in Halbkreisform den Siebtheil der collateralen Bündel, denen Bastbelege zu fehlen pflegen [1]), nur wenige und stets kleinere Milchröhren finden sich im Siebtheil

[1]) Ueberhaupt findet sich oft eine gewisse, nicht näher aufgeklärte, Correlation zwischen Milchröhren und Bastbelegen. Wo erstere vorhanden sind, pflegen letztere zu fehlen.

zwischen die Siebröhren eingestreut. Wo sich bicollaterale Bündel (s. S. 365) finden, also innerhalb des Gefässtheiles ein zweiter Siebtheil liegt (unterer

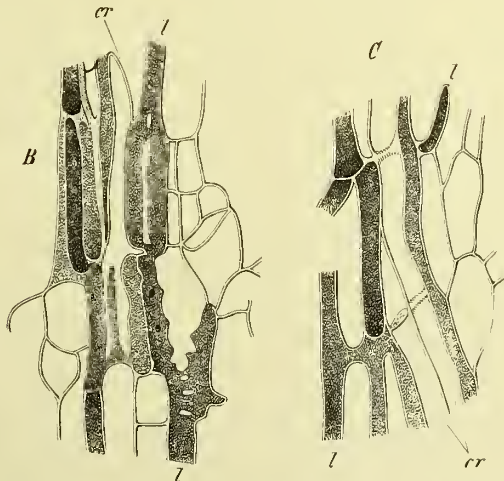
Fig. 605.



Gegliederte Milchröhren aus *Rad. taraxaci* mit zahlreichen Anastomosen (frei herauspräparirt) (Vogl).

Theil des Stengels von *Lactuca virosa, Sonchus tenerrimus* u. a.), führt auch

Fig. 606.

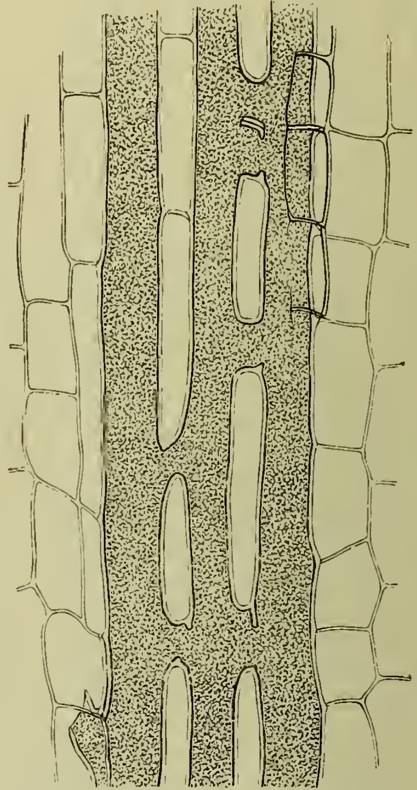


Gegliederte Milchröhren *(l)* aus der Wurzel von *Taraxacum officinale* (durch Resorption der Trennungswände entstanden), *cr* Siebröhren (Hanstein).

dieser Milchröhren, die mit den äusseren durch um das Bündel gehende Aeste in Verbindung treten. Ebenso sind die isolirten markständigen Sieb-

bündel, wo sie vorkommen (*Lactuca* [Fig. 607], *Sonchus, Scorzonera*), mit Milchröhren vergesellschaftet. Die Milchröhren der einzelnen Gefässbündel anastomosiren unter sich und mit denen benachbarter Bündel im ganzen Internodium, so dass ein vielmaschiges Milchröhrennetz entsteht. Besonders zahlreich sind die Anastomosen natürlich in den Knoten, wo auch die Milchröhrennetze des Stengels mit dem der Blattstiele und Axillarzweige in Verbindung treten. In den Blattstielen und Blattnerven begleiten die Milchröhrennetze die Gefässbündel, meist Siebbelege bildend, wie im Stengel, und endigen mit den Gefässbündelendigungen oder von diesen abbiegend, blind in den Blattfacetten. Ja selbst in den Fruchtknoten, die Corolle und die Stamina dringen zarte, mit den Gefässbündeln vergesellschaftete Röhren ein. Bei den Wurzeln liegen die Milchröhren im Siebtheil des primären Bündels. Im Holztheil fehlen sie hier, wie in den Stengelorganen. Auch im secundären Holze findet man sie nicht, dagegen sind sie in grosser Zahl in der secundären Rinde zu finden, stets mit den Siebröhren vergesellschaftet oder diese vertretend. Bei den Wurzeln von *Taraxacum officinale* bilden sie mit Siebelementen gemischt zu concentrischen Zonen angeordnete rundliche Gruppen (Fig. 601), welche Anordnung die Zonung der Rinde bedingt, bei *Cichorium Intybus* liegen sie in radialstrahlig angeordneten Gruppen, die radiale Streifung der Rinde bedingend.

Fig. 607.



Gegliederte Milchröhren mit ganz und theilweise durchbrochenen Trennungswänden aus der Stengelrinde von *Lactuca virosa*, das *Lactucarium* enthaltend (de Bary).

Aehnlich wie bei den *Cichoriaceen* sind die Milchröhren bei den *Campanulaceen* und *Lobeliaceen* angeordnet. Sie finden sich hier aber mehr im als am Siebtheile, in der Peripherie des letzteren und der Mittelrinde sind sie selten (*Lobelia inflata, Campanula medium*) und nur in wenigen Fällen treten sie hier reichlicher auf.

Bei den Stamm- und den älteren Wurzelorganen der *Papayaceen* ist das Milchröhrennetz überall durch den primären und secundären Siebtheil, das primäre und secundäre Holz, wie auch die Markstrahlen, verbreitet und reichlich anastomosirend. In den Blattstielen und Blattnerven begleiten die Milchröhren die Bündel und dringen zahlreich in die Blattfacetten ein.

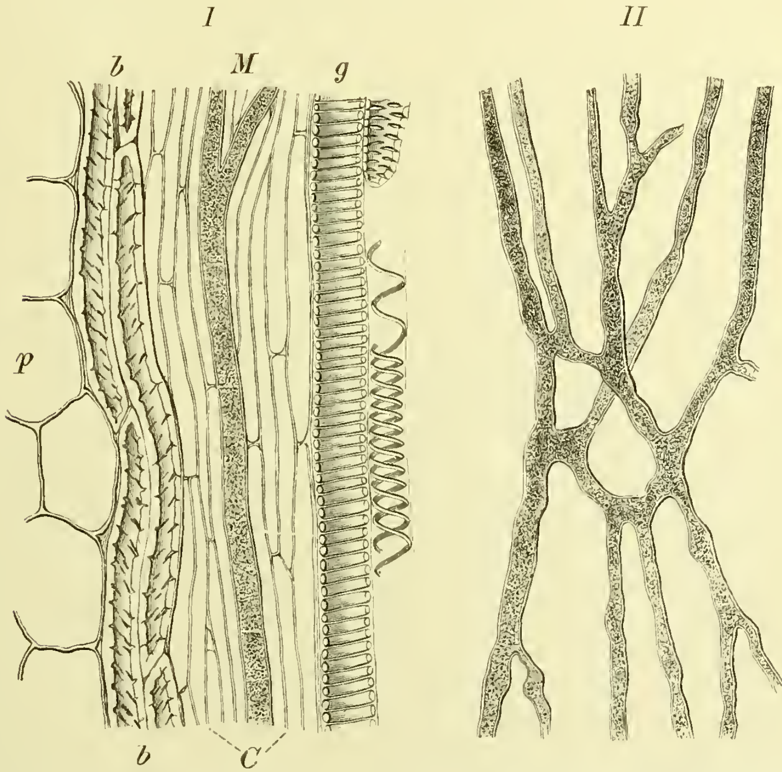
Bei den *Papaveraceen* finden sich zwei Typen repräsentirt, durch *Papaver* einerseits und *Chelidonium* andererseits. Bei *Papaver* finden sich Röhren, welche aus gestreckten Gliedern hervorgehen, im fertigen Zustande aber von den ursprünglich trennenden, später resorbirten Querwänden kaum noch Spuren erkennen lassen und durch reichliche Anastomosen zu einem vielverzweigten Röhrennetze verbunden sind (Fig. 608). Die Milchröhren liegen hier in ununterbrochenen Bogenreihen im oder am Siebtheil der Gefässbündel, im letzteren Falle einen „Beleg“ bildend, so auch z. B.

in der unreifen Mohnkapsel (Fig. 602). Die Milchröhren der einzelnen Bündel anastomosiren wohl unter einander, aber nicht mit denen benachbarter Bündel, „in der secundär verdickten Wurzel, im Rindenparenchym, der secundären Rinde, dem Parenchym der Blätter und Fruchtschalen endigen sie in ein reich verzweigtes Netz“ (de Bary).

Bei *Chelidonium* sind die Milchröhrenglieder kurz und meist mehr weniger tonnenförmig [1], die trennenden Wände nur perforirt, nicht vollständig resorbirt, die Milchröhren wenig oder gar nicht verzweigt, niemals netzig anastomosirend.

Einigen *Papaveraceen* fehlen Milchröhren *(Glaucium, Macleya)*.

Fig. 608.



Fructus Papaveris (Papaver somniferum). I. Theil eines Gefässbündels im Längsschnitt. *g* Spiralgefässe, *M* Milchröhre, *b* Bastzellbeleg, *p* Parenchym. *II.* Verzweigte isolirte Milchröhre (Vogl).

Bei den *Aroideen* liegen die Milchröhren ebenfalls an der Peripherie des Siebtheiles des Leitbündels. Sie bilden hier zwischen dem Parenchym reichlich Aussackungen, die oftmals stärker anwachsen, sich papillös zwischen die Zellen eindrängen und zu Röhren auszuwachsen vermögen. Diese Zweige treten sogar mit benachbarten Zweigen derselben Röhre und denen anderer Röhren in offene Communication, so dass ein reichverzweigtes Röhrennetz entsteht. Zahlreichen *Aroideen* fehlen die Milchröhren, bei einigen sind sie durch gekammerte Schläuche mit gleichem Inhalt wie die Röhren ersetzt *(Arum, Dracunculus)*, bei anderen fehlen auch diese *(Acorus)*.

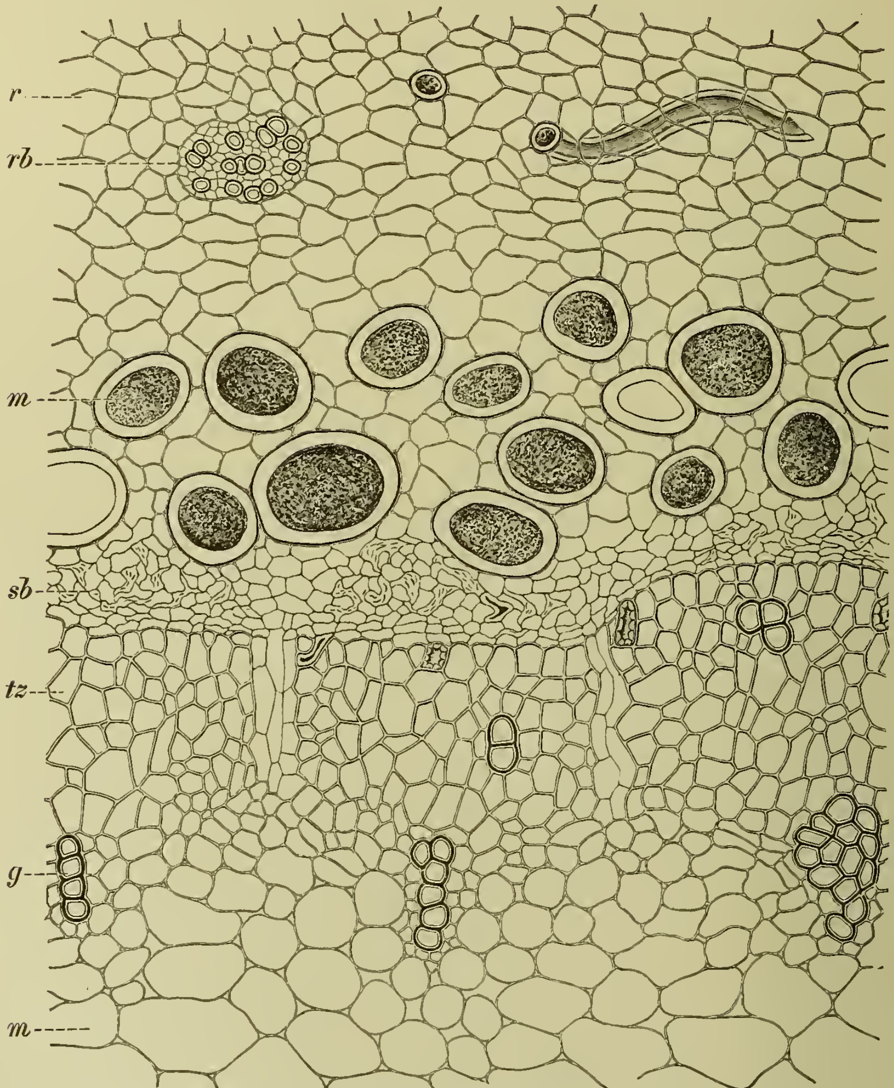
Bei *Musa* liegen grosse Milchröhren in ziemlich regelmässiger Anordnung rings um die Bündel, um Sieb- und Holztheil.

[1]) de Bary, Anatomie, Fig. 80 u. 81.

2. Die ungegliederten Milchröhren.

Die ungegliederten Milchröhren finden sich bei den *Euphorbiaceen*, *Urticaceen* (inclusive *Artocarpeen* und *Moreen)*, *Apocyneen* und *Asclepiadaceen* und entstehen nicht aus einer über einander liegenden Zellreihe, durch Resorption der Querwände, sondern aus einer Meristemzelle, die zu

Fig. 609.



Euphorbia resinifera Berg. Querschnitt durch den Holzring und die Milchröhrenzone. *r* Rinde, *rb* Rindenbündel, *m* Milchröhren (*Euphorbium* enthaltend), *sb* Siebtheil, *tz* Libriform, *g* Gefässe, *m* Mark (Tschirch).

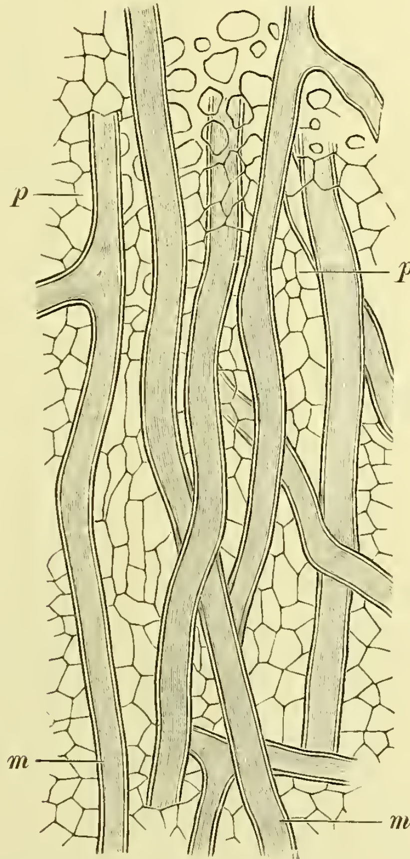
einem langen, oft ausserordentlich reich verzweigten Schlauche auswächst, welcher seine Aeste zwischen das übrige Gewebe einschiebt. Niemals finden sich bei den ungegliederten Milchröhren Anastomosen [1]), weder zwischen den

[1]) Die durch eine Zeichnung illustrirte Angabe Möller's (Nahrungsmittel, S. 289), dass die Milchröhren der Feige anastomosirten, ist also nicht richtig.

Hauptstämmen noch zwischen den Aesten, weder zwischen den Elementen derselben, noch denen benachbarter Milchröhren (Fig. 610, 611). Die ungegliederten Milchröhren sind also Zellen und nicht durch Zellfusion entstandene Schläuche. Die Anlagen zu den oft sehr erhebliche Länge erreichenden Milchröhren der fertigen Pflanze sind also bereits im Embryo nachweisbar.

„Die Enden der Milchröhren reichen vom Embryostadium an bis dicht unter die primären Vegetationspunkte und wachsen mit diesen weiter, Zweige, welche sich ebenso verhalten, in die seitlichen Knospen, Blätter, Wurzeln sendend, endlich in dem Meristem und dem sich differenzirenden

Fig. 610.



Milchröhren *(m)* aus dem Stamme von *Euphorbia resinifera* Berg, mit umgebendem Rindenparenchym im Längsschnitt (Tschirch).

Gewebe der jugendlichen Theile zur Bildung des definitiven Röhrensystemes sich weiter verästelnd und streckend. Die ganze Pflanze, z. B. ein mannshoher Strauch von *Euphorbia*, hat somit nur wenige, überaus reich verästelte Milchröhren, deren Zweigenden einestheils in alle Vegetationspunkte reichen und mit diesen unbegrenzt fortwachsen, anderntheils in den fertigen Geweben sich verbreiten und blind aufhören“ (de Bary).

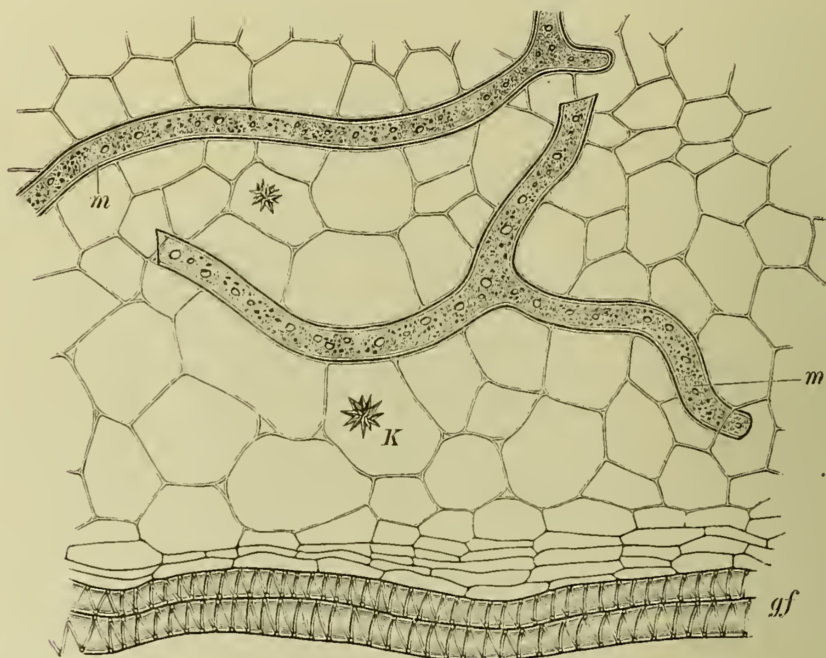
Man kann daher bei einiger Vorsicht centimeterlange Milchröhrenstücke aus der Pflanze frei herauspräpariren.

Bei den *Euphorbiaceen* ist ihre Anordnung folgende: Bei *Euphorbia resinifera* z. B. liegt um das grosse Mark des Stengels ein

schmaler Gefässbündelcylinder und ausserhalb des Siebtheiles desselben, dem letzteren angrenzend oder durch wenige Zellen getrennt, ein meist doppelter Kranz grosser weiter Milchröhren (Fig. 603 u. 609). Dies sind die Hauptstämme. Von diesen zweigen sich Aeste sowohl in die Rinde wie (durch die Markstrahlen) in das Mark ab, deren Durchmesser meist erheblich geringer ist als der der Milchröhren der Hauptstämme. Die Wand der Milchröhren ist sehr dick, ihr Verlauf meist schwach bogig. Anastomosen fehlen natürlich überall. Aehnlich ist Lage und Verlauf der Milchröhren im Stengel der übrigen *Euphorbien.*

Im Blatte sind die Milchröhren zunächst mit den Nervenbündeln vereintläufig, sie treten aber bald in die Blattfacetten ein, dort blind

Fig. 611.



Partie aus dem Längsschnitt des Hypanthiums der Feige *(Ficus Carica)*. *m* Milchröhren, *gf* Gefässbündel (Tschirch).

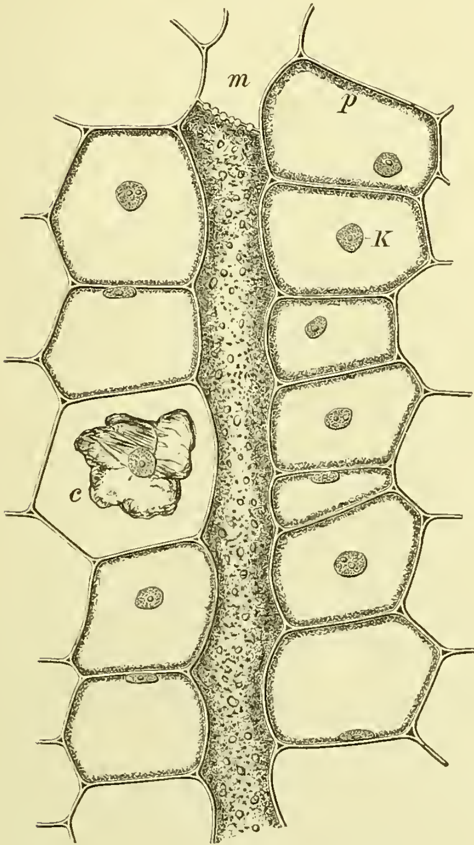
endigend. Gerade bei den *Euphorbien* ist es leicht, lange Röhrenstücke frei herauszupräpariren.

Die Milchröhren der *Urticaceen, Apocyneen* und *Asclepiadaceen* sind denen der *Euphorbiaceen* in Form und Anordnung ähnlich, doch sind sie meist zartwandiger — bei *Gonolobus Condurango* (Fig. 613), *Ficus* und *Nerium* finden sich jedoch auch dickwandige — und treten bisweilen *(Humulus)* nicht in die Blattfacetten der Blätter, ja nicht einmal in die Gefässbündelendigungen ein. Bei den *Urticaceen* sind besonders die Milchröhren der *Ficus*-Arten gut untersucht.

Auf welche Weise die Milchröhren in der secundären Rinde zu Stande kommen, ob es Auszweigungen der primären Bündelstämme sind oder selbstständig angelegt werden, ist nicht bekannt. Besonders reichlich finden sich Milchröhren in der secundären Rinde von *Gonolobus Condurango (Cort. Condurago)*. Sie sind hier meist mit den Siebsträngen vergesellschaftet oder liegen auch isolirt im Phloëmparenchym (Fig. 613).

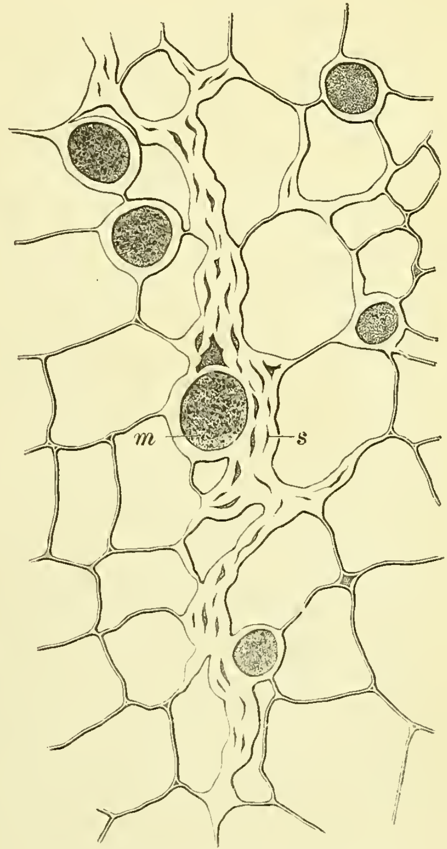
Die langen, sogenannten Milchsaftschläuche der *Cinchonen* (Fig. 614) gehören wohl gleichfalls hierher, wenigstens sah ich niemals Querwände.

Fig. 612.



Längsschnitt durch einen Milchsaftbehälter mit umgebendem Parenchym aus den inneren Schalen der Zwiebel (*Allium Cepa*). *m* Milchcanal, *p* Plasmaschlauch an die Wand zurückgezogen, *k* Zellkern, *c* Plasmaschlauch sammt Zellkern, durch Glycerin von der Wand abgezogen, contrahirt (Tschirch).

Fig. 613.



Cort. condurango. Milchröhren *(m)*, zum Theil in Keratenchymstränge *(s)* eingebettet (Tschirch).

In den *Chinarinden* des Handels fand ich den Inhalt, wenn er vorhanden war *(Cinchona succirubra)* — meist fehlt er gänzlich — aus einem Gummiharz bestehend und nenne die Schläuche daher Gummiharzschläuche.

Vergleichende Messungen der Weite der Gummiharzschläuche bei den im Handel befindlichen *Chinarinden* ergab folgende Werthe:

	Mik.
Ostind. Succirubra	160—355
(schon mit blossem Auge sichtbar)	
Loxachina	80—176
Maracaibo	67—73
Guajaquil	53—67
Java-Calisaya	47—134
China rubra	45—67
Huanuco	67—135

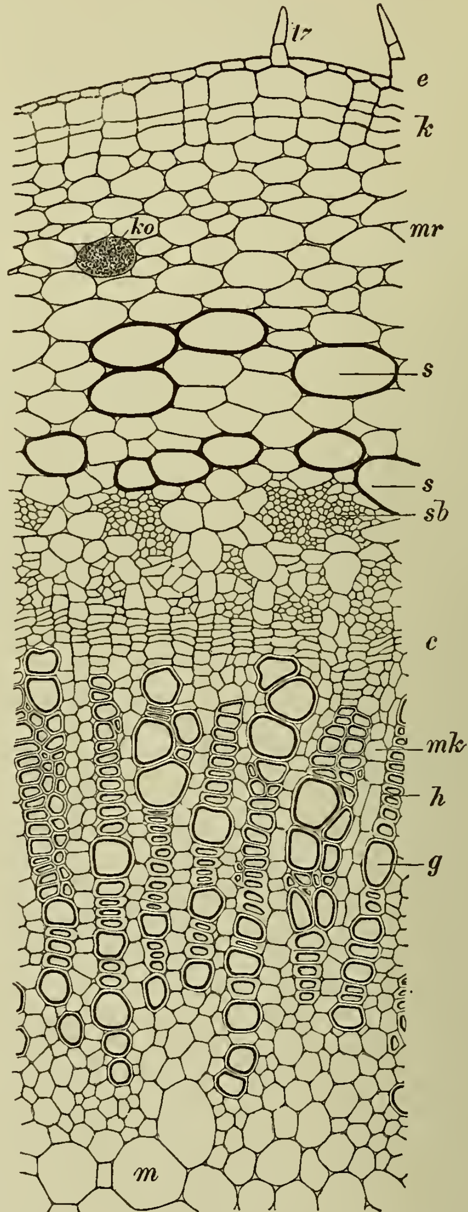
Sie fehlen der *Calisaya sine epidermide,* bisweilen auch der *Renewed red* und *Mossed brown.* Daraus scheint hervorzugehen, dass sie, einmal durch Borkenbildung abgeworfen, nicht von Neuem gebildet werden.

Im Lumen der grossen Gummiharzschläuche der *Succirubra* fand ich wiederholentlich thyllenartige, parenchymatische Ausfüllungen. In diesem Falle war der Gummiharzschlauch leer.

Die mit einem milchsaftartigen Gemenge erfüllten Excretzellen der *Jalape* gehören nicht hierher, es sind Zellen mit verkorkter Wand, die zwar oftmals in Reihen über einander stehen, deren Scheidewände aber niemals resorbirt werden (Fig. 548).

Die Milchsaftbehälter der Küchenzwiebel *(Allium Cepa,* Fig. 612) sind ebenfalls echte Zellen. Dieselben sind aber nur relativ kurz, stehen reihenweis übereinander und besitzen reichgetüpfelte Trennungswände (Fig. 612 *m*) — weichen also von den typischen ungegliederten Milchröhren sehr erheblich ab und nähern sich mehr denen der *Jalape.*

Fig. 614.



Querschnitt durch einen jungen Spross von *Cinchona Calisaya* bei Beginn der Peridermbildung. *k* Kork, *e* Epidermis mit Haar, *mr* primäre Rinde, *s* Gummiharzschläuche, *sb* primäre Siebbündel, *c* Cambium, *g* Gefässe, *mk* Markstrahlen, *m* Mark (Tschirch).

Bei allen Milchröhren führenden Pflanzen mit ungegliederten Milchröhren können die letzteren in der secundären Rinde fehlen *(Vinca, Asclepias, Euphorbien),* bei den Pflanzen mit gegliederten treten sie dort regelmässig auf, als Begleiter oder Vertreter der Siebröhren. Bei den *Cichoriaceen*wurzeln *(Taraxacum, Lactuca)* sind die Milchröhren sehr zahlreich und es finden sich nur spärliche Siebröhren, bei *Platycodon grandiflorus* fand DE BARY sogar gar keine Siebröhren, bei der Wurzel von *Papaver Rhoeas* sind nur einige wenige Siebröhren neben den reich entwickelten Milchröhrennetzen zu finden, bei *Glaucium,* wo die Milchröhren fehlen, sind dagegen umgekehrt starke Siebröhrengruppen vorhanden.

Verzeichniss der Pflanzen,

von denen Theile bildlich dargestellt sind.

*) Unter Fig. 112 steht fälschlich *Jurubeba paniculata*, was ich zu verbessern bitte.

*) Im Text ist fälschlich statt Kronenblatt Kelchblatt gesetzt, was ich zu berichtigen bitte.

Index.

Druckfehlerverzeichniss.

S. 7, Zeile 15 v. o. ist zu lesen „Talgparaffin“ statt Talkparaffin.
S. 49, Zeile 13 v. u. ist *Arachis hypogaea* zu streichen.
S. 82, Zeile 26 v. o. ist zu lesen „Zimmetcassie“ statt Zimmecassie.
S. 109, Zeile 2 der Figurenerklärung zu Fig. 112 ist zu lesen „*Solanum paniculatum*“ statt *Jurubeba paniculata*.
S. 110, Zeile 15 v. u. ist zu lesen „*Sappan*“ statt *Sapan*.
S. 112, Zeile 18 v. o. ist zu lesen „sich“ statt sie.
S. 134, Zeile 16 v. o. ist zu lesen „*Zingiberis*“ statt *Zingirbeis*.
S. 203, Zeile 1 der Figurenerklärung zu Fig. 203 ist zu lesen „Kronenblatt“ statt Kelchblatt.
S. 256, Zeile 17 v. o. ist *Fol. menth.* zu streichen.
S. 342, Zeile 6 v. o. ist zu lesen „*cribrosi*“ statt *cribosi*.
S. 373, Zeile 7 v. o. ist zu lesen „Pericycle“ statt Percycle.



Druck von Gottlieb Gistel & Comp. in Wien, I., Augustinerstrasse 12.





